

## 明 細 書

メタルハライドランプおよびこれを用いた照明装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、メタルハライドランプおよびこれを用いた照明装置に関するものである。

## 背景技術

[0002] 従来のメタルハライドランプ、例えばセラミックメタルハライドランプは、図26に示すように、筒部53とこの筒部53の両端部に接続部54を介して形成された細管部55とを有する透光性セラミック製の外囲器56と、先端部に電極部57が形成され、かつこの電極部57が筒部53と接続部54とで囲まれた領域内に位置するように細管部55内に挿入され封着された電極導入体58とを有する発光管59を備え、外囲器56内に発光物質として例えばヨウ化スカンジウム、ヨウ化イットリウム、ヨウ化ホルミウム、ヨウ化ツリウム等の希土類のハロゲン化合物が封入されている(例えば特許文献1参照)。

[0003] 発光物質としてこれら希土類のハロゲン化合物を用いた場合、連続した分光スペクトルが得られるので、高い演色性を得ることができる。

特許文献1:特開平6-196131号公報

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

[0004] この種のセラミックメタルハライドランプは、一般的に、その定格寿命時間が9000時間であるが、近時、照明装置のメンテナンスコストの低減や、省資源化の観点から一層の長寿命化が要請されている。

そこで、本発明者らは、上記した従来のセラミックメタルハライドランプにおいて長寿命化への取り組みを行った。

[0005] ところが、上記した従来のセラミックメタルハライドランプでは、特に垂直点灯(ランプ長手方向の中心軸が鉛直方向になる状態での点灯)した場合であって、点灯経過時間が9000時間を越える例えば10000時間において、下側に位置する細管部55のうちの接続部54の近傍でクラック(図26、CRで示す部分)が発生し、リークするという問題が起こった。

Best Available Copy

[0006] このクラックは、ランプを垂直点灯した場合において下側に位置する細管部55に顕著に現れ、上側に位置する細管部55には現れなかった。一方、ランプを水平点灯（ランプ長手方向の管軸が水平方向になる状態での点灯）した場合には、このクラックがいずれの細管部55にも現れなかったときもあれば、両方の細管部55に現れるときもあった。

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、長期の点灯時間に亘って、特に細管部のうちの接続部の近傍においてクラックが発生してリークするのを防止することができ、長寿命化を実現することができるメタルハライドランプおよびこれを用いた照明装置を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、クラックの発生原因について検討したところ、まず、第一に細管部55のうち、クラックが発生していた部分の内面に外囲器56の構成材料であるセラミックが堆積し、その堆積物60と電極導入体58とが接触していたこと、第二に細管部55の内面のうち、セラミックが堆積していた部分よりも接続部54とは反対側の近傍において、細管部55の内面がえぐられるように削られていたことがそれぞれわかった。図26中、61は細管部55の内面の削られた部分を示す。

[0008] 本発明者らはこれらの事実に基づき、その原因について次のように考えた。

つまり、封入された余剰の金属ハロゲン化物、特に希土類のハロゲン化物が、点灯中、細管部55と電極導入体58との間に形成されている隙間62に入り込んで外囲器56の構成材料であるセラミックと反応し、細管部55の内面がその反応によってえぐられるように削られた。その後、点灯時間の経過とともに、削られたセラミックが細管部55の内面のうちの同じ箇所（削られた箇所から接続部54側の近傍）に徐々に堆積していき電極導入体58と接触するまでに至った。そして、ランプの点灯、消灯が繰り返された結果、その堆積物60と電極導入体58との接触部分においてこれらの熱膨張係数の差に起因して細管部55に大きな応力が発生し、その応力によって細管部55にクラックが発生したと考えた。

[0009] なお、上記説明は、垂直点灯させた場合において下側に位置する細管部55で生じた現象、または水平点灯させた場合においてクラックが発生した両方の細管部55

で生じた現象について説明したが、垂直点灯させた場合において、サンプルの中には上側に位置する細管部55においてもクラックには至らなかったものの、細管部55の内面がわずかながらに削られているものもあった。

[0010] 本発明者らは、このような新たな知見に基づき種々検討した結果、次のような解決手段を見出した。

すなわち、本発明に係るメタルハライドランプは、内径が5.5mm以上の筒部とこの筒部の両端部に接続部を介して形成された細管部とを有し、かつ内部に少なくとも希土類のハロゲン化物が封入された透光性セラミック製の外囲器と、先端部に電極部が形成され、かつこの電極部が前記筒部と前記接続部とで囲まれた領域内に位置するように前記細管部内に隙間を有して挿入され、細管部の前記筒部と反対側の端部において封着される電極導入体とを有する発光管を備え、前記発光管の外囲器は、発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面の直線部分と前記接続部の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ が $85^{\circ} \sim 115^{\circ}$ であり、前記筒部と前記接続部との境界部の内面の曲率半径は0.5mm $\sim$ 2.5mmであるという構成を有する。

[0011] また、本発明に係るメタルハライドランプは、内径が5.5mm以上の筒部とこの筒部の両端部に接続部を介して形成された細管部とを有し、かつ内部に少なくとも希土類のハロゲン化物が封入された透光性セラミック製の外囲器と、先端部に電極部が形成され、かつこの電極部が前記筒部と前記接続部とで囲まれた領域内に位置するように前記細管部内に隙間を有して挿入され、細管部の前記筒部と反対側の端部において封着される電極導入体とを有する発光管を備え、前記発光管の外囲器は、発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面の直線部分と前記接続部の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ が $85^{\circ} \sim 115^{\circ}$ であり、前記筒部と前記接続部との境界部の内面にはテーパ面が形成されており、前記発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面と前記テーパ面との境界点を点A、前記接続部の内面と前記テーパ面との境界点を点Bとし、前記筒部の内面を含む直線と、前記点Bから前記直線に対して下した垂線との交点を点Cとしたとき、線分ACおよび線分BCの長さがそれぞれ0.5mm $\sim$ 2.5mmであるという

構成を有する。

- [0012] ここで、前記発光管の外囲器内にはアルカリ土類金属のハロゲン化物が封入されていることが望ましい。

また、ここで、本発明に係るメタルハライドランプは、その発光管における電極部の突出長を $E$  (mm)、前記接続部と前記細管部との境界部分の最小肉厚を $t_b$  (mm)とした場合、前記突出長 $E$ と前記最小肉厚 $t_b$ とがそれぞれ $(E, t_b) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内にあるという構成を有している。

- [0013] また、次のような解決手段によっても、メタルハライドランプの長寿命化が可能であることを本発明者らは見出した。

すなわち、本発明に係るメタルハライドランプは、外囲器が、管中央の本管部と管両端の一对の細管部を有する透光性セラミック管からなると共に、当該外囲器内に発光物質が封入されてなる発光管を備えたメタルハライドランプであって、前記発光物質として、ツリウム(Tm)、ホルミウム(Ho)、ディスプロシウム(Dy)のうち少なくとも1種の希土類金属のハロゲン化物と、ハロゲン化カルシウムとが封入されると共に、前記ハロゲン化カルシウムの全ハロゲン化金属に対する組成比率が5～65モル%の範囲であり、かつ、前記透光性セラミック管の細管部の肉厚を $t_n$  (mm)とし、点灯時の管壁負荷を $p$  ( $W/cm^2$ )とした場合に、 $p/36 \leq t_n < 1.5$ の関係を満たす構成を有している。

- [0014] ここで、前記外囲器における本管部と細管部の境界の放電空間側のコーナ部に $R$ が形成されており、その曲率半径が0.5mm～3.0mmの範囲内であることが望ましい。

また、前記外囲器における本管部と細管部の境界の放電空間側のコーナ部が面取り加工されており、その外囲器の管軸に平行な方向および前記管軸に直交する方向における面取り寸法が、それぞれ0.5～3.0mmの範囲内であるようにしてもよい。

- [0015] さらに、前記発光物質として、さらにハロゲン化セリウムおよびハロゲン化プラセオジウムのうち少なくとも一種類のハロゲン化金属が発光物質として添加されており、その



組成比率が前記外囲器内に封入された全ハロゲン化金属のモル量に対して、0.5～10モル%の範囲内に規定されていることが望ましい。

そして、本発明に係る証明装置は、上記各構成のメタルハライドランプと、このメタルハライドランプが収納された灯具と、前記メタルハライドランプを点灯させるための点灯回路とを備えていることを特徴とする。

### 発明の効果

[0016] 発光管の外囲器が、筒部とこの筒部に接続部を介して形成された細管部からなり、外囲器をランプ長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面の直線部分と前記接続部の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ が $85^{\circ}$ ～ $115^{\circ}$ である場合において、前記筒部と前記接続部との境界部の内面の曲率半径を0.5mm～2.5mmとし、あるいは、前記筒部と前記接続部との境界部の内面に上記所定のテーパ面を形成した構成にすれば、外囲器内に希土類のハロゲン化物が封入されていたとしても、細管部の内面が削られることによって生成されるセラミックを筒部と接続部との境界部の内面に析出させ、堆積させることができるので、長期の点灯時間に亘って、その堆積物が電極導入体等の熱膨張係数を異にする部材と接触するのを阻止することができる。その結果、細管部、特に接続部の近傍にクラックが発生してリークするのを防止することができ、長寿命化を図ることができる。

[0017] また、本発明に係るメタルハライドランプは、発光管内の発光物質として、ツリウム(Tm)、ホルミウム(Ho)、ディスプロシウム(Dy)のうち少なくとも1種の希土類金属のハロゲン化物と、ハロゲン化カルシウムとが封入されると共に、前記ハロゲン化カルシウムの全ハロゲン化金属に対する組成比率が5～65モル%の範囲であり、かつ、前記透光性セラミック管の細管部の肉厚を $t_n$  (mm)とし、点灯時の管壁負荷を $p$  (W/cm<sup>2</sup>)とした場合に、 $p/36 \leq t_n < 1.5$ の関係を満たすように構成しているので、これによっても長寿命化が図れる。すなわち、特に透光性セラミック管に対する侵蝕度合の大きい、Tm、Ho、Dyの内少なくとも一種類の希土類金属のハロゲン化物が発光物質として封入された一体成形型の透光性セラミック管を有する発光管を備えたメタルハライドランプにおいて、ハロゲン化カルシウムを所定の組成比率で封入することにより、細管部破損の原因となっていた細管部内面の侵食を抑制でき、侵食が抑制

された分だけ細管部内面に生成される堆積物の量も低下して侵食箇所への応力印加が抑制される。そして、細管部の肉厚を管壁負荷に応じた適正な範囲内で設定することにより、細管部破損が確実に防止され、長寿命のセラミックメタルハライドランプが得られる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1の実施の形態であるメタルハライドランプの一部切欠正面図である。

[図2]上記メタルハライドランプに用いられている発光管の正面断面図である。

[図3]上記メタルハライドランプに用いられている発光管の要部拡大断面図である。

[図4]上記メタルハライドランプに用いられている発光管の要部拡大断面図である。

[図5]上記メタルハライドランプに用いられる別の発光管の要部拡大断面図である。

[図6]発光管の筒部と接続部の内面の境界部におけるRの大きさとクラックが発生するまでの点灯時間との関係を示す表である。

[図7]発光管における電極突出長 $E_1$ と最小肉厚 $t_1$ の関係とクラック発生を示す表である。

[図8]クラックが発生しないための電極突出長 $E_1$ と最小肉厚 $t_1$ との関係を示す図である。

[図9]本発明の第2の実施の形態であるメタルハライドランプに用いられている発光管の要部拡大断面図である。

[図10]図9の発光管の要部拡大断面図である。

[図11]発光管の筒部と接続部の内面境界部に形成されたテーパ部の大きさとクラックが発生するまでの点灯時間との関係を示す表である。

[図12]本発明の第3の実施の形態である照明装置の構成を示す概略断面図である。

[図13]本発明の第4の実施の形態に係るメタルハライドランプにおける発光管の構成を示す断面図である。

[図14]従来の発光物質を封入した場合における発光管の細管部の侵食状態を示す要部拡大断面図である。

[図15]第4の実施の形態に係る発光管における細管部の侵食状態を示す要部拡大

断面図である。

[図16]発光管内の $\text{CaI}_2$ の封入量と管壁負荷、細管部の肉厚との関係を示す表である。

[図17] $\text{CaI}_2$ の組成比率 $M_{\text{Ca}}$ (モル%)、細管部肉厚 $t_1$ (mm)、管壁負荷との関係を示す表である。

[図18]管壁負荷と細管部の肉厚の最大値・最小値との関係を示す表である。

[図19]管壁負荷と細管部の肉厚の最大値・最小値との関係を示すグラフである。

[図20]管壁負荷と本管部の肉厚の最大値・最小値との関係を示す表である。

[図21]管壁負荷と本管部の肉厚の最大値・最小値との関係を示すグラフである。

[図22]本管部と細管部の内側の境界部にR部を設ける構成を示す一体成型型セラミック管の断面図である。

[図23]図22の一体成型型セラミック管を使用した場合における堆積物の状態を示す拡大断面図である。

[図24]図22で示したRの代わりに本管部と細管部の内側の境界部を面取りした構成を示す図である。

[図25](a)(b)は、組立型セラミック管を用いた発光管の構成を示す図である。

[図26]従来のメタルハライドランプに用いられている発光管の要部拡大断面図である。

## 符号の説明

- [0019]
- 1 メタルハライドランプ
  - 2 外管
  - 3, 39, 100, 300, 310 発光管
  - 4 スリーブ
  - 5 口金
  - 6 フレア
  - 7, 8 ステム線
  - 9 電力供給線
  - 10, 11, 113, 114 外部リード線

- 12 アイレット部
- 13 シェル部
- 14, 15 金属プレート
- 16, 40, 131 筒部
- 17, 41 接続部
- 18, 45, 104, 105 細管部
- 19, 44 外囲器
- 20, 42 境界部
- 21, 22, 170, 180 電極部
- 23, 120 放電空間
- 24, 25 電極導入体
- 26 隙間
- 27, 111, 112 シール材
- 28, 29, 172, 182 電極軸
- 30, 31, 171, 181 電極コイル
- 32, 33, 109, 110 内部リード線
- 34, 35, 117, 118 コイル
- 36 電極挿入孔
- 37, 153 堆積物
- 38, 105A 削られた部分
- 43, 332 テーパ面
- 46 天井
- 47 灯具
- 48 点灯回路
- 49 ベース部
- 50 反射面
- 51 笠部
- 52 ソケット部



### 発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、本発明の最良な実施の形態を、図面を用いて説明する。

(第1の実施の形態)

図1に示すように、本発明の第1の実施の形態である定格電力(入力電力)150Wのメタルハライドランプ(セラミックメタルハライドランプ)1は、全長が100mm～180mm、例えば140mmである外管2と、この外管2内に配置された発光管3およびこの発光管3全体を囲み、万一発光管3が破損した際にその破片によって外管2が破損するのを防止するためのスリーブ4と、外管2の端部に固着されたねじ込み式(E形)の口金5とを備えている。

[0021] なお、発光管3の長手方向の中心軸(図1中、Xで示す)は外管2の長手方向の中心軸(図1中、Yで示す)と略一致している。

外管2は、透明な円筒状の例えば硬質ガラス等からなり、一端部が半球状に閉塞され、かつ他端部に例えば鉛ガラスからなるフレア6が封着されている。外管2内は、真空状態であってもよく、必要に応じて窒素ガス等の不活性ガスが封入されていてもよい。

[0022] フレア6には、例えばニッケルまたは軟鋼からなる二本のステム線7、8の一部がそれぞれ封止されている。二本のステム線7、8の一端部はそれぞれ外管2内に引き込まれており、そのうちの一方のステム線7は電力供給線9を介して発光管3から導出した後述の二本の外部リード線10、11のうちの一方に、他方のステム線8は直接、残る外部リード線11にそれぞれ電氣的に接続されている。発光管3は、これら二本のステム線7、8および電力供給線9によって外管2内で支持されている。また、一方のステム線7の他端部は口金5のアイレット部12に、他方のステム線8の他端部は口金5のシェル部13にそれぞれ電氣的に接続されている。また、ステム線7、8は、複数の金属線をそれぞれ溶接して一体化された一本の金属線からなる。

[0023] スリーブ4は、透明な円筒状の例えば石英ガラス等からなり、両端が開口している。また、このスリーブ4は、その両端部が公知の支持部材、例えば二つの金属プレート14、15によって挟持されることによって保持されている。金属プレート14、15そのものは外部リード線10、11に機械的に接続され、支持されている。

発光管3は、図2に示すように、内径 $r_1$ が少なくとも5.5mm以上の略円筒状の筒部16と、この筒部16の両端部に接続部17を介して形成され、かつ筒部16の外径(例えば外径 $R_1$ が13mm~25mm)よりも相対的に径小(例えば外径 $R_2$ が3mm~5mm)な略円筒状の細管部18とからなる例えば多結晶アルミナ製の外囲器19を有している。また、この発光管3は、発光管3の長手方向の中心軸Xを含む面で切った断面において、筒部16の内面の直線部分と接続部17の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ (図3等参照)は $85^\circ \sim 115^\circ$ 、例えば $90^\circ$ に設定されている。筒部16の内部空間と細管部18の内部空間とは互いに連通している。この外囲器19を構成する材料としては、多結晶アルミナ以外にイットリウム-アルミニウム-ガーネット(YAG)、または窒化アルミ等の透光性セラミックも用いることができる。

[0024] 発光管3内には、発光物質として少なくとも希土類のハロゲン化物、緩衝ガスとして水銀、および始動補助ガスとしてのアルゴンガスやキセノンガス等の希ガスがそれぞれ所定量封入されている。希土類のハロゲン化物としては例えばヨウ化スカンジウム( $\text{ScI}_3$ )やヨウ化イットリウム( $\text{YI}_3$ )の他、ヨウ化プラセオジウム( $\text{PrI}_3$ )、ヨウ化セリウム( $\text{CeI}_3$ )、ヨウ化ツリウム( $\text{TmI}_3$ )やヨウ化ホルミウム( $\text{HoI}_3$ )、ヨウ化ディスプロシウム( $\text{DyI}_3$ )等のランタノイド系のヨウ化物を用いることができる。また、発光物質として希土類のハロゲン化物に加えて、所望の色特性等を得るために必要に応じてヨウ化ナトリウム( $\text{NaI}$ )やヨウ化カルシウム( $\text{CaI}_2$ )等の公知の種々の金属ハロゲン化物を適宜用いることができる。もちろん、ヨウ化物のみに限らず、一部または全部を臭化物に置き換えることもできる。特に、後述する理由により、アルカリ土類金属のハロゲン化物が封入されていることが好ましい。

[0025] なお、この発光管3の管壁負荷(発光管3(細管部18を除く)の単位内面積あたりの入力電力)は $15\text{W}/\text{mm}^2 \sim 45\text{W}/\text{mm}^2$ である。

本実施の形態では、外囲器19は、筒部16、接続部17および細管部18がそれぞれ繋ぎ目の無い一体成形によって形成されているが、後述するように筒部16と接続部17とは一体成形によって形成されているが、これとは別個に細管部18が形成された後、それぞれが組み立てられて焼きばめによって一体化されていてもよい。

[0026] 筒部16の内径 $r_1$ は上記したとおり5.5mm以上に設定されているが、通常、コンパ

クト性等の観点から30mmを超えないほうがよい。また、筒部16の最小肉厚 $t_2$ は機械的強度や点灯時の封入物の蒸気圧に対する耐圧性の観点から少なくとも0.4mm以上に設定されていることが好ましい。

図3に示すように、筒部16の内面と接続部17の内面とはRを形成するよう、滑らかな凹曲面によって連なっており、これらの境界部20の内面の曲率半径Rは0.5mm～2.5mmの範囲に設定されている。

[0027] 接続部17の内面形状は、図3に示す例では筒部16との境界部分および細管部18との境界部分を除いて発光管3の長手方向の中心軸Xに対してほぼ垂直な略平面形状となっているが、細管部18側が径小となるテーパ状の曲面形状であってもよい。つまり、接続部17の内面形状は、外囲器19を当該中心軸Xを含む面で切断した場合、その断面において細管部18を除く外囲器19の内面は四隅にRが付いた略長方形または略正方形になっている。ただし、接続部17の内面形状がテーパ状の曲面形状である場合、外囲器19を当該中心軸Xを含む面で切断した場合、その断面において当該中心軸Xと接続部17の直線部分とがなす角度 $\theta$  (図3参照)は75°以上95°以下である。

[0028] なお、接続部17の外表面形状は特に限定されるものではない。しかし、接続部17の肉厚 $t_3$ が厚すぎると、点灯時、後述する放電空間23から接続部17へ伝わる熱量が増えて熱損失が増加し、発光金属の蒸気圧を十分に上げることができず、発光効率が低下するおそれがある。一方、その肉厚 $t_3$ が薄すぎると、機械的強度や点灯時の封入物の蒸気圧に対する耐圧性が不十分となるおそれがある。したがって、これらの点を考慮すると、外囲器19を当該中心軸Xを含む面で切断した場合、その断面において接続部17の内面の直線部分と外面の直線部分とがほぼ平行になっている領域での接続部17の最小肉厚 $t_3$ は例えば1mm～2.5mmに設定されていることが好ましい。

[0029] 筒部16と接続部17とで囲まれた領域内には、図2に示すように、後述するように電極導入体24, 25の先端部に形成された電極部21, 22が略同一軸(中心軸X)上で略対向するように配置されており、放電空間23が形成されている。

各細管部18内には、電極導入体24, 25が挿通され、かつ筒部16とは反対側の端

部のみににおいて細管部18と電極導入体24, 25との間の隙間26に流し込まれたガラスフリットからなるシール材27によって封着されている。細管部18の接続部17とは反対側の端からシール材27が前記隙間26に流し込まれた長さ、すなわちシール長は3mm～6mmである。

[0030] 細管部18の内径 $r_2$ は、通常、発光管3の製造過程において、その細管部18内に電極導入体24, 25を裕度をもって挿入できる最小限の内径に設定されている。「最小限の内径」に設定されるのは、細管部18内に電極導入体24, 25を挿入した後、細管部18と電極導入体24, 25との間に大きな隙間26が形成されると、その隙間26に発光物質である金属ハロゲン化物が多量に入り込んで、点灯中、発光に寄与する金属の量が減少してしまうのを防止するためである。しかし、上記したように細管部18内に電極導入体24, 25を挿入するにあたり、裕度をもって挿入できるように細管部18の内径 $r_2$ は電極導入体24, 25の最大外径 $R_3$  (図3参照)よりも大きくなるように設定せざるを得ず、細管部18と電極導入体24, 25の間には必ず隙間26が形成されてしまう。通常、細管部18と電極導入体24, 25の間には0.05mm～0.5mmの隙間26が形成される。もっとも、その製造工程において、電極導入体24, 25の長手方向の中心軸が細管部18の長手方向の中心軸(中心軸X)と完全に同一軸上になるように電極導入体24, 25を細管部18内に挿入し、封着することは難しく、実際の場合、電極導入体24, 25は細管部18内において偏心して配置されている場合が多い。

[0031] 細管部18の肉厚 $t_4$  (図3参照)は、機械的強度の観点から例えば0.7mm以上に設定されている。一方、その肉厚 $t_4$ が厚すぎると、点灯時、放電空間23から細管部18へ伝わる熱量が増えて熱損失が増加し、発光効率が低下するおそれがある。そこで、細管部18の肉厚 $t_4$ は例えば2.0mm以下に設定されていることが好ましい。

電極導入体24, 25は、図2に示すように、最大外径 $R_3$  (図3参照)が例えば0.9mmであり、直径0.5mmのタングステン製の電極軸28, 29とこの電極軸28, 29の先端部に設けられたタングステン製の電極コイル30, 31とからなる電極部21, 22と、一端部に電極軸28, 29が接続されている例えばモリブデンからなる内部リード線32, 33と、細管部18の外部に導出している内部リード線32, 33の他端部に接続されている例えばニオブウムからなる外部リード線10, 11と、電極軸28, 29の一部に



巻き付けられたモリブデン製のコイル34, 35とを有している。このコイル34, 35は、細管部18と、電極軸28, 29の一部との間に形成される隙間26を可能な限り埋め、その隙間に金属ハロゲン化物が入り込む量を低減している。

[0032] ここで、電極部21, 22の突出長(以下、単に「電極突出長 $E_1$ 」という)を $E_1$  (mm) (図4および図5参照)、接続部17と細管部18との境界部分の最小肉厚(以下、単に「最小肉厚 $t_1$ 」という)を $t_1$  (mm) (図4参照)とした場合、電極突出長 $E_1$ と最小肉厚 $t_1$ とは、後述する理由により、 $(t_1, E_1) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた領域にあることが好ましい。

[0033] なお、「電極突出長 $E_1$ 」とは、図4に示すように、電極導入体24, 25が挿入されている電極挿入孔36から突出している長さ、言い換えれば電極挿入孔36の放電空間23側の開口端から、電極部21, 22の先端を含み、かつ電極導入体24, 25の長手方向の中心軸Zに対して垂直な平面までの最短距離を示す。ただし、「電極挿入孔36の放電空間23側の開口端」が図5に示すように所定の曲率半径 $R_0$ を有している場合、その開口端はこの曲率半径 $R_0$ を有する部分の接続部17側の端(図5中の点P)になる。

[0034] また、「最小肉厚 $t_1$ 」は、電極挿入孔36の開口端の任意の点を中心とする同心円を描き、外囲器19の外面に接する同心円のうち、最も小さい半径を有する同心円の半径に相当する。もともと、「電極突出長 $E_1$ 」および「最小肉厚 $t_1$ 」の各値は点灯初期段階、つまり点灯による変形等の影響を受けていない状態での値である。

なお、電極導入体24, 25として、電極部21, 22、モリブデンからなる内部リード線32, 33、ニオブウムからなる外部リード線10, 11およびモリブデンからなるコイル34, 35から構成されたもの以外に、その材質や構造において既知の電極導入体を用いることができる。

[0035] 次に、筒部16と接続部17との境界部20の内面の曲率半径R(以下、単に「曲率半径R」という)を0.5mm～2.5mmの範囲に設定した理由について説明する。

まず、上記した本発明の第1の実施の形態である定格ランプ電力150Wのメタルハライドランプ1において、曲率半径Rを0.3mm(以下、「比較例1」という)、0.5mm(以下、「実施例1」という)、1.0mm(以下、「実施例2」という)、1.8mm(以下、「実施



- 例3」という)、2. 0mm(以下、「実施例4」という)、2. 5mm(以下、「実施例5」という)、2. 7mm(以下、「比較例2」という)と種々変化させたランプを10本ずつ作製した。
- [0036] そして、作製した各ランプに対して5. 5時間点灯、0. 5時間消灯を1サイクルとして、これを繰り返す寿命試験を行い、9000時間点灯経過時、10000時間点灯経過時、12000時間点灯経過時および13000時間点灯経過時のそれぞれにおいて細管部18のうちの接続部17の近傍にクラックが発生しているか否かについて調べたところ、図6の表1に示すとおりの結果が得られた。
- [0037] なお、実施例1～実施例5、比較例1および比較例2においては、曲率半径Rが異なる点を除いては全て同じ構成を有しており、主要な構成部分の値として筒部16の外径 $R_1$ が12. 3mm、筒部16の内径 $r_1$ が11. 0mm、細管部18の外径 $R_2$ が3. 0mm、細管部18の内径 $r_2$ が1. 0mm、電極導入体24, 25の最大外径 $R_3$ が0. 9mm、電極突出長 $E_1$ が0. 5mm、最小肉厚 $t_1$ が1. 0mmであり、発光物質としてヨウ化ディスプレイシウム( $DyI_3$ )、ヨウ化ツリウム( $TmI_3$ )、ヨウ化ホルミウム( $HoI_3$ )、ヨウ化タリウム( $TlI_3$ )およびヨウ化ナトリウム( $NaI$ )がそれぞれ12重量%、12重量%、12重量%、16重量%、48重量%、合計量で5. 2mg封入され、また水銀が10mg、アルゴンガスが300Kで13kPaそれぞれ封入されている。
- [0038] また、表1の「クラックの発生有無」欄において、「—」と表記されている箇所はその点灯経過時間が経過するまでにクラックに起因して発光管3がリークし、不点灯になってしまったことを意味している。
- さらに、各ランプは、口金5が上側になるように垂直点灯させた。また、後述するように接続部17の近傍にクラックが発生した細管部18は、いずれもこの垂直点灯させた状態で下側に位置する細管部18を示す。
- [0039] 表1から明らかなように実施例1～実施例5のいずれについても10000時間点灯経過時点でも細管部18のうちの接続部17の近傍にクラックが発生したものはなかった。特に、実施例1～実施例4については12000時間点灯経過時点でもそのようなクラックが発生したものはなく、実施例2および実施例3については13000時間点灯経過時点でもそのようなクラックが発生したものはなかった。実施例1および実施例4については13000時間点灯経過時点までに、実施例5については12000時間点灯経過

時点までにそれぞれリークして不点灯になった。

[0040] 一方、比較例1および比較例2については9000時間点灯経過時点で細管部18のうちの接続部17の近傍にクラックが発生したものはなかったが、10000時間点灯経過時点までに細管部18のうちの接続部17の近傍にクラックが発生し、リークして不点灯になった。

そして、実施例3および実施例4については13000時間点灯経過後の発光管3を、実施例1、実施例2、実施例5、比較例1および比較例2については不点灯になった発光管3をそれぞれその発光管3の長手方向の中心軸Xを含む面で切断し、その内面を電子走査型顕微鏡(SEM)によって観察したところ、次のことがわかった。

[0041] 実施例1～実施例5、比較例1および比較例2のいずれも、図4に示すように、細管部18の放電空間23側近傍の内面のうち、電極挿入孔36の放電空間23側の開口端から3mm～10mmの領域においてそれぞれ同程度にえぐられるように削られていた。

なかでも、比較例1および比較例2では、削られたアルミナがその細管部18の内面のうち、削られた部分よりも接続部18側の近傍に集中して堆積し、その堆積物37が電極導入体24、特にコイル34に接触していた。そして、堆積物37と電極導入体24との接触部分が基点となってクラックが発生していた。

[0042] なお、図4中、38は削られた部分を示す。また、この現象は封入されている希土類のハロゲン化物との反応によるものであると考えられる。

しかし、実施例1では、削られたアルミナの一部がその細管部18の内面のうち、削られた部分38よりも放電空間23側の近傍にわずかに堆積していたものの、削られたアルミナの大部分が筒部16と接続部17との境界部20の近傍の内面に堆積していた。もちろん、結果的に細管部18内に堆積したアルミナと電極導入体24とが接触し、そこが基点となってクラックが発生していた。

[0043] 実施例2および実施例3では、削られたアルミナが細管部18の内面に堆積することなく、筒部16と接続部17との境界部20の内面(曲率半径Rを有する凹曲面)に堆積していた。

実施例4および実施例5では、削られたアルミナの一部がその細管部18の内面のう

ち、削られた部分38よりも放電空間23側の近傍にわずかに堆積していたものの、削られたアルミナの大部分が筒部16と接続部17との境界部20の内面に堆積していた。もちろん、結果的に細管部18内に堆積したアルミナと電極導入体24とが接触し、そこが基点となってクラックが発生していた。

[0044] 以上の結果から、筒部16と接続部17との境界部20の内面に適当な曲率半径を有する $R$ を設けることにより、筒部16と接続部17との境界部20の内面の温度 $T_1$ が細管部18のうち、削られた部分38よりも放電空間23側の近傍の内面の温度 $T_2$ に比して低くすることができ、その結果、削られたアルミナが細管部18の内面における温度 $T_2$ の箇所ではなく、筒部16と接続部17との境界部18の内面における温度 $T_1$ の箇所に析出させることができると考えられる。

[0045] 一方、そう考えた場合、本来、比較例1では、削られたアルミナが細管部18の内面のうち、削られた部分38よりも放電空間23側の近傍ではなく、筒部16と接続部17との境界部20の内面に析出し堆積するはずである。しかし、比較例1の場合、点灯経過時間が9000時間～10000時間の間にクラックが発生してリークしてしまったのは、その境界部20の曲率半径 $R$ が小さ過ぎ、その結果、当該境界部20で一種の毛細管現象が起きて、液体状の余剰の金属ハロゲン化物がその境界部20に多量に溜まり、削られたアルミナが液体状で溜まっている金属ハロゲン化物に阻害されてその部分に析出することができず、次に温度が低い箇所である細管部18の内面のうち、削られた部分38よりも放電空間23側の近傍に析出し堆積してしまったためであると考えられる。このことは、実施例1の場合においても、実施例2～実施例5の場合とは異なり、削られたアルミナが筒部16と接続部17との境界部20自体に析出せず、接続部17の、境界部20から少し離れた部分に若干析出し堆積していたことから推測することができる。

[0046] しかし、筒部16の内径 $r_1$ が5.5mm未満の場合、細管部18の内面が削られることによって生成されるアルミナを筒部16と接続部17との境界部20の内面に析出させ、堆積させることができないことがわかった。これは、筒部16の内径 $r_1$ が5.5mm未満であると、境界部20が電極部21, 22に近づきすぎてその内面の温度 $T_1$ が上昇したためであると考えられる。したがって、上記のように生成されたアルミナを筒部16と連

接部17との境界部20の内面に析出させ、堆積させるためには筒部16の内径 $r_1$ を5.5mm以上に設定する必要がある。

[0047] よって、希土類のハロゲン化物が封入されていても、筒部16の内径 $r_1$ を5.5mm以上に設定し、かつ筒部16と接続部17との境界部20の内面の曲率半径 $R$ を0.5mm～2.5mmの範囲に設定することにより、細管部18の内面が削られることによって生成されるアルミナを筒部16と接続部17との境界部20の内面に析出させ、堆積させることができるので、長期の点灯時間に亘って、その堆積物37が電極導入体24, 25等の熱膨張係数を異にする部材と接触するのを阻止することができる。その結果、特に接続部17の近傍にクラックが発生してリークするのを防止することができ、長寿命化を図ることができる。

[0048] 特に、表1から明らかなように、一層の長寿命化を図るため、筒部16と接続部17との境界部20の内面の曲率半径 $R$ を0.5mm～2.0mmの範囲に設定することが好ましい。また、より一層の長寿命化を図るため、筒部16と接続部17との境界部20の内面の曲率半径 $R$ を1.0mm～1.8mmの範囲に設定することが好ましい。

次に、外囲器19内にアルカリ土類金属のハロゲン化物が封入されていることが好ましい理由について説明する。

[0049] まず、発光物質としてヨウ化ディスプロシウム( $\text{DyI}_3$ )、ヨウ化ツリウム( $\text{TmI}_3$ )、ヨウ化ホルミウム( $\text{HoI}_3$ )、ヨウ化タリウム( $\text{TlI}_3$ )、ヨウ化ナトリウム( $\text{NaI}$ )およびヨウ化カルシウム( $\text{CaI}_2$ )がそれぞれ7.7重量%、7.6重量%、7.6重量%、11.3重量%、40.2重量%、25.6重量%、合計量で7.2mg封入されている点を除いて実施例1と同じ構成を有している定格電力150Wのメタルハライドランプ(実施例6)を10本作製した。

[0050] そして、作製した各ランプに対して5.5時間点灯、0.5時間消灯を1サイクルとして、これを繰り返す寿命試験を行い、12000時間点灯経過後の発光管3を、その長手方向の中心軸 $X$ を含む面で切断し、その内面を電子走査型顕微鏡(SEM)によって観察したところ、次のことがわかった。

つまり、実施例6では、希土類金属のハロゲン化物との反応による細管部18の内面のえぐられ方が実施例1の場合での希土類金属のハロゲン化物との反応による細管



部18の内面のえぐられ方に比してかなり小さいことがわかった。この結果から、外囲器19内に封入する金属ハロゲン化物にヨウ化カルシウムを含めることにより、上記した外囲器19の材料であるアルミナと希土類のハロゲン化物との反応を抑制することができると考えられる。その結果、上記した希土類金属のハロゲン化物との反応によって生成されるアルミナ量自体を低減することができ、一層の長寿命化を図ることができるとともに、希土類金属のハロゲン化物との反応によって外囲器19が薄肉化し、その部分の機械的強度が低下して破損しやすくなるのを防止することができる。この作用効果は、ヨウ化カルシウム以外に、例えば臭化カルシウムはもちろんのこと、ハロゲン化カルシウム以外のハロゲン化マグネシウム、ハロゲン化ストロンチウム等のアルカリ土類金属のハロゲン化物を用いた場合でも同様に得られることが確認された。特に、アルカリ土類金属のハロゲン化物としてハロゲン化カルシウムを用いた場合は、上記した作用効果に加えて赤味成分が増加し、演色性を高めることができることがわかった。

[0051] よって、外囲器19の材料であるアルミナと希土類のハロゲン化物との反応を抑制し、希土類金属のハロゲン化物との反応によって生成されるアルミナ量自体を低減して一層の長寿命化を図るとともに、希土類金属のハロゲン化物との反応によって外囲器19が薄肉化し、その部分の機械的強度が低下して破損しやすくなるのを防止するため、外囲器19内にアルカリ土類金属のハロゲン化物を封入することが好ましい。

[0052] 次に、電極突出長 $E_1$  (mm)と最小肉厚 $t_1$  (mm)とがそれぞれ $(E_1, t_1) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内に設定されていることが好ましい理由について説明する。

まず、図7の表2および図8に示すとおり電極突出長 $E_1$  (mm)と最小肉厚 $t_1$  (mm)とを種々変化させた点を除いて上記表1の実施例2の定格電力150Wのメタルハライドランプと同じ構成を有している定格電力150Wのメタルハライドランプを10本ずつ作製した。

[0053] そして、作製した各ランプに対して5.5時間点灯、0.5時間消灯を1サイクルとして、これを繰り返す寿命試験を行い、13000時間点灯経過後において接続部17と細管部18との境界部分にクラックが発生するか否か、および初期の発光効率(lm/W



)についてそれぞれ調べたところ、表2に示すと通りの結果が得られた。

なお、「初期の発光効率」とは、100時間点灯経過時の発光効率であって、表2に示す数値は各サンプル(10本)の平均値を示す。また、発光効率は、従来のセラミックメタルハライドランプと同等以上、つまり90lm/W以上得られることを評価の基準とした。

[0054] また、後述する「光束維持率(%)」とは、100時間点灯経過時の光束(lm)を100とした場合のある点灯経過時間の光束(lm)の割合を示す。

さらに、各ランプは、口金5が上側になるように垂直点灯させた。また、後述するように接続部17と細管部18との境界部分に発生したクラックは、上側および下側のいずれにも発生した。

[0055] 表2から明らかなように、実施例6、実施例7、実施例8、実施例12および実施例13では、いずれも13000時間点灯経過後において接続部17と細管部18との境界部分にクラックが発生してリークした。一方、実施例9、実施例10、実施例11、実施例14、実施例15、実施例16、実施例17および実施例18では、いずれも13000時間点灯経過時後においても接続部17と細管部18との境界部分にクラックが発生したものはなかった。

[0056] リークした各実施例についてその発光管3を、その長手方向の中心軸Xを含む面で切断し、その内面をSEMによって観察したところ、希土類金属のハロゲン化物との反応によって削られたアルミナが接続部17と細管部18との境界部分に堆積して電極導入体24, 25と接触しているような様子はなかった。そこで、実施例6、実施例7、実施例8、実施例12および実施例13の場合でのクラックの要因について検討した結果、次のように考えた。まず、実施例6、実施例7および実施例8の場合では、点灯中、高温となる電極部21, 22が接続部17と細管部18との境界部分に近すぎるためにその境界部分における点灯時の温度と消灯時の温度との温度差が大きくなり、これに起因してその境界部分に大きな応力が発生してクラックが発生したものと考えられる。一方、実施例12および実施例13の場合、電極部21, 22と、接続部17と細管部18との境界部分との間の距離は実施例6、実施例7および実施例8に比べると長く、その境界部分にさほど大きな応力が発生していないとしても、最小肉厚 $t_1$ が小さいために

さほど大きくない応力であってもクラックが発生したものと考えられる。これらに対して実施例9、実施例10、実施例11、実施例14、実施例15、実施例16、実施例17および実施例18の場合では、最小肉厚 $t_1$ が小さかったとしてもそれに応じてその温度差も小さく、その境界部分に大きな応力が発生することはなく、一方でその温度差が大きく、その境界部分にある程度の大きな応力が発生したとしてもそれに耐え得るだけ最小肉厚 $t_1$ があったためであると考えられる。

[0057] また、表2から明らかなように、実施例6、実施例7、実施例8、実施例9、実施例10、実施例12、実施例13、実施例14、実施例15、実施例16および実施例18の場合、初期の発光効率はいずれも90lm/W以上となり上記した評価基準を満足した。一方、実施例11および実施例17では、初期の発光効率はいずれも90lm/W未満となり上記した評価基準を満足しなかった。

[0058] しかしながら、実施例1および実施例7～実施例17の場合では6000時間点灯経過時の光束維持率が80%以上あり、従来のセラミックメタルハイドランプの6000時間点灯経過時の光束維持率と同程度であったものの、実施例18については6000時間点灯経過時の光束維持率が75%しかなく、従来のセラミックメタルハイドランプの6000時間点灯経過時の光束維持率よりも下回った。実施例18では、特に接続部17の内面が著しく黒化していた。

[0059] このような結果が得られた原因については次のように考えた。

まず、実施例11および実施例17の場合、最小肉厚 $t_1$ が大きすぎ、点灯時、放電空間23からその境界部分へ伝わる熱量が増えて熱損失が増大したために発光効率が低下したと考えられる。一方、実施例6、実施例7、実施例8、実施例9、実施例10、実施例12、実施例13、実施例14、実施例15、実施例16および実施例18の場合では、その最小肉厚 $t_1$ が適切な大きさを有し、点灯時、放電空間23からその境界部分へ伝わる熱量が少なく、その結果、熱損失が増大するのを抑制することができたために所望の発光効率が得られたと考えられる。しかし、実施例18が他の実施例とは異なり、光束維持率が低いのは次のような原因が考えられる。すなわち通常、点灯中、放電空間23内の熱対流は主として電極部21、22間で発生している。そして、この熱対流によって放電空間23内におけるハロゲンサイクルが促進され、点灯中、高温の

電極部21, 22からその構成材料であるタングステンが飛散しても、発光管3の内面に付着して黒化するのを抑制することができ、光束維持率が低下するのを防止することができる。ところが、実施例18のように電極突出長 $E_1$ が長くなりすぎると、点灯中、電極部21, 22のうち、電極挿入孔36の開口付近での熱対流が発生しにくくなり、その領域だけ上記したハロゲンサイクルの機能が低下し、黒化が発生したためである。これは、上記したように実施例18における接続部17の内面が著しく黒化していることからわかる。

[0060] したがって、電極突出長 $E_1$  (mm)と最小肉厚 $t_1$ とをそれぞれ $(E_1, t_1) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内、つまり図8の斜線で示された領域に設定することにより、発光効率や光束維持率を低下させることなく、点灯、消灯の繰り返しによって接続部17と細管部18との境界部分に大きな応力が発生するのを防止することができるので、その応力によって境界部分にクラックが発生してリークするのを防止することができ、より一層の長寿命化を図ることができることがわかった。

[0061] よって、発光効率や光束維持率を低下させることなく、接続部17と細管部18との境界部分にクラックが発生してリークするのを防止し、より一層の長寿命化を図るため、電極突出長 $E_1$  (mm)と最小肉厚 $t_1$  (mm)とをそれぞれ $(E_1, t_1) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内に設定することが好ましい。

[0062] (第2の実施の形態)

次に、図9に示すように、本発明の第2の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプは、用いられている発光管39において、筒部40と接続部41との境界部42の内面に、曲率半径0.5mm～2.5mmのRが形成される代わりに、円錐の先端部を切り落としたようなテーパ面43が形成されている点を除いて本発明の第1の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1と同じ構成を有している。

[0063] なお、図9中、44は外囲器を、45は細管部をそれぞれ示す。

このテーパ面43は、図10に示すように、発光管39の長手方向の中心軸Xを含む面で切った断面において、筒部40の内面とテーパ面43との境界点(筒部40の内面

を含む直線とテーパ面43を含む直線との交点)を点A、接続部41の内面とテーパ面43との境界点(接続部42の内面を含む直線とテーパ面43を含む直線との交点)を点Bとし、筒部40の内面を含む直線と、点Bから前記直線に対して下した垂線との交点を点Cとしたとき、線分ACおよび線分BCの長さがそれぞれ0.5mm～2.5mmの範囲に設定されている。このとき、前記範囲内において線分ACの長さ、線分BCの長さ、線分ACの長さと線分BCの長さとの差がそれぞれ0.5mm以下であることが好ましい。

- [0064] なお、発光管39の長手方向の中心軸Xを含む面で切った断面において、筒部40の内面の直線部分と接続部41の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ は $85^{\circ}$ ～ $115^{\circ}$ 、例えば $90^{\circ}$ に設定されている。

次に、前記線分ACの長さ、線分BCの長さをそれぞれ0.5mm～2.5mmの範囲に設定した理由について説明する。

- [0065] まず、本発明の第2の実施の形態である定格ランプ電力150Wのメタルハライドランプにおいて、線分ACの長さ、線分BCの長さを種々変化させたランプを10本ずつ作製した。

そして、作製した各ランプに対して5.5時間点灯、0.5時間消灯を1サイクルとして、これを繰り返す寿命試験を行い、9000時間点灯経過時、10000時間点灯経過時および13000時間点灯経過時のそれぞれにおいて細管部45のうち接続部42の近傍にクラックが発生しているか否かについて調べたところ、図11の表3に示すとおりの結果が得られた。

- [0066] なお、実施例19～実施例30、比較例3～比較例15においては、線分ACの長さ、線分BCの長さ、線分ACの長さ、線分BCの長さの差がそれぞれ0.5mm以下であることが好ましい。また、筒部40の外径 $R_1$ が12.3mm、筒部40の内径 $r_1$ が11.0mm、細管部45の外径 $R_2$ が3.0mm、細管部45の内径 $r_2$ が1.0mm、電極導入体24、25の最大外径 $R_3$ が0.9mm、電極突出長 $E_1$ が0.5mm、最小肉厚 $t_1$ が1.0mmであり、発光物質としてヨウ化ディスプレイシウム( $DyI_3$ )、ヨウ化トリウム( $TmI_3$ )、ヨウ化ホルミウム( $HoI_3$ )、ヨウ化タリウム( $TlI_3$ )およびヨウ化ナトリウム( $NaI$ )がそれぞれ12重量%、12重量%、12重量%、16重量%、48重量%、合計量で5.2mg封入され、また水銀が10m



g、アルゴンガスが300Kで13kPaそれぞれ封入されている。

[0067] また、表3の「クラックの発生有無」欄において、「－」と表記されている箇所はその点灯時間が経過するまでにクラックに起因して発光管39にリークが発生し、不点灯になってしまったことを意味している。

さらに、各ランプは口金5が上側になるように垂直点灯させた。また、後述するように接続部41の近傍にクラックが発生した細管部45は、いずれもこの垂直点灯させた状態で下側に位置する細管部45を示す。

[0068] 表3から明らかなように実施例19～実施例30のいずれについても13000時間点灯経過時点で細管部45のうちの接続部41の近傍にクラックが発生したものはなかった。一方、比較例3～比較例15については9000時間点灯経過時点で細管部45のうちの接続部41の近傍にクラックが発生したものはなかったが、10000時間点灯経過時点までにリークして不点灯になっていた。

[0069] そして、実施例19～実施例30については13000時間点灯経過後の発光管39を、比較例3～比較例15については不点灯になった発光管をそれぞれその発光管39の長手方向の中心軸Xを含む面で切断し、その内面を観察したところ、次のことがわかった。

すなわち、実施例19～実施例30、比較例3～比較例15のいずれも、細管部45のうちの接続部41の近傍の内面がそれぞれ同程度にえぐられるように削られていた。そして、比較例3～比較例15では、削られたアルミナがその細管部の内面うち、削られた部分よりも放電空間23側の近傍に集中して堆積し、その堆積物が電極導入体24に接触していた。そして、堆積物と電極導入体24とが接触している部分が基点となってクラックが発生していた。

[0070] しかし、実施例19～実施例30では、削られたアルミナが細管部45の内面に堆積しておらずテーパ面43に堆積していた。これは、筒部40と接続部41との境界部42の内面にテーパ面を設け、かつ筒部40の内面とテーパ面43との境界点を点A、接続部41の内面とテーパ面43との境界点を点Bとし、筒部40の内面を含む直線と、点Bから前記直線に対して下した垂線との交点を点Cとしたとき、線分ACおよび線分BCの長さがそれぞれ0.5mm～2.5mmの範囲に設定することにより、筒部40と接続部



41との境界部42の内面、つまりテーパ面43の温度 $T_3$ が細管部45のうち削られた部分に対して接続部41側の近傍の内面の温度 $T_2$ に比して低くなり、その結果、削られたアルミナが細管部45の内面における温度 $T_2$ の箇所ではなく、テーパ面43における温度 $T_3$ の箇所に析出しやすくなったためであると考えられる。もっとも、本発明の第2の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプにおいても、本発明の第1の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1と同様に筒部40の内径 $r_1$ を5.5mm以上に設定する必要がある。

[0071] よって、希土類のハロゲン化物が封入されていても、筒部40の内径 $r_1$ を5.5mm以上に設定するとともに、筒部40と接続部41との境界部42の内面にテーパ面43を設け、かつ筒部40の内面とテーパ面43との境界点を点A、接続部41の内面とテーパ面43との境界点を点Bとし、筒部40の内面を含む直線と、点Bから前記直線に対して下した垂線との交点を点Cとしたとき、線分ACおよび線分BCの長さがそれぞれ0.5mm～2.5mmの範囲に設定することにより、本発明の第1の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1と同様に、細管部45の内面が削られることによって生成されるアルミナをそのテーパ面43に析出させ、堆積させることができるので、長期の点灯時間に亘って、その堆積物が電極導入体24、25等の熱膨張係数を異にする部材と接触するのを阻止することができる。その結果、細管部45、特に接続部41の近傍にクラックが発生してリークするのを防止することができ、長寿命化を図ることができる。

[0072] また、この第2の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプにおいても、外囲器44の構成材料であるアルミナと希土類のハロゲン化物との反応を抑制し、希土類金属のハロゲン化物との反応によって生成されるアルミナ量自体を低減して一層の長寿命化を図るとともに、希土類金属のハロゲン化物との反応によって外囲器44が薄肉化し、その部分の機械的強度が低下して破損しやすくなるのを防止するため、外囲器44内にアルカリ土類金属のハロゲン化物が封入されていることが好ましい。もちろん、アルカリ土類金属のハロゲン化物として、ヨウ化カルシウムや臭化カルシウムのハロゲン化カルシウムその他、ハロゲン化マグネシウム、ハロゲン化ストロンチウム等を用いた場合でも上記と同様の作用効果が得られることが確認された。特に、

アルカリ土類金属のハロゲン化物としてハロゲン化カルシウムを用いた場合、上記した作用効果に加えて、演色性を高めることができる。

- [0073] さらに、点灯、消灯の繰り返しによって接続部41と細管部45との境界部分に大きな応力が発生するのを防止して、その応力によって境界部分にクラックが発生してリークするのを防止し、より一層の長寿命化を図るため、電極突出長を $E_1$  (mm)、接続部41と細管部45との境界部分の最小肉厚を $t_1$  (mm)とした場合、電極突出長 $E_1$ と最小肉厚 $t_1$ とをそれぞれ $(E_1, t_1) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内に設定することが好ましい。

- [0074] (第3の実施の形態)

本発明の第3の実施の形態である照明装置は、図12に示すように、例えば、天井46に組み込まれるダウンライト用であって、天井46に埋設された灯具47と、この灯具47内に収納された本発明の第1の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1と、このメタルハライドランプ1を点灯させるための点灯回路48を備えている。

- [0075] 灯具47および点灯回路48はともに板状のベース部49に固定されている。

灯具47は、内部に反射面50を有する笠部51と、この笠部51内に配設され、ランプが装着されるソケット部52とを有している。

点灯回路48には、公知の銅鉄安定器または電子安定器のいずれのものも用いることができる。

- [0076] このような本発明の第3の実施の形態である照明装置にかかる構成によれば、長寿命なメタルハライドランプを用いているので、ランプに対するコストだけでなく、ランプの交換頻度を減少させることができるので、交換作業等によって発生するコストも削減することができる。

なお、上記各実施の形態では、定格電力150Wのメタルハライドランプを一例に挙げて説明したが、本発明は、定格電力150W以外に例えば70W～400Wのメタルハライドランプにも適用することができる。

- [0077] また、上記第3の実施の形態では、本発明の第1の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1を用いた場合について説明したが、本発明の第2の実施の形態である定格電力150Wのメタルハライドランプ1を用いた場合でも上記と同様

の作用効果を得ることができる。

さらに、上記第3の実施の形態では、天井46に組み込まれるダウンライト用の灯具47を用いた場合について説明したが、これ以外にも公知の種々の灯具を用いた場合でも上記と同様の作用効果を得ることができる。

[0078] (第4の実施の形態)

上記実施の形態では、発光管における筒部と接続部からなる外囲器の、管軸を含む平面での断面形状がほぼ矩形のものにおいて、当該筒部と接続部の境界部の内面のRを0.5mm～2.5mmにすることにより長寿命化の効果が得られることについて説明した。本実施の形態においては、筒部と接続部の境界部の内面のRが2.5mmを超えた場合において、他の条件を備えることにより発光管の長寿命化を得る構成について説明する。

(1) 発光管の構成

図13は、本発明の第4の実施の形態に係るメタルハライドランプにおける発光管100の構成を示す断面図である。

[0079] 同図において、発光管100は、定格ランプ電力が150Wであって、その外囲器が管中央の本管部103と管両端の一对の細管部104、105が一体に成形され焼結された一体成型型の透光性セラミック管102から構成されている。

本管部103は、内径 $\phi_1$ が11.0mmの筒部131とその両端部の半球部132、133(第1、第2の実施の形態における「接続部」に該当する。)とからなる。筒部131の全長L1は17.3mmで、各半球部132、133の管軸方向の長さL1'が共に6.2mmに設定されている。

[0080] また、筒部131の肉厚 $t_6$ は、特に透過率を高めて発光効率の向上を図るために、従来前記150W品種に準じた比較的小さな0.5～0.8mmの範囲に設定され、例えば典型的寸法として0.65mmに設定される。

一方、細管部104、105の形状は、管内径 $\phi_2$ が1.0mm及び全長L2が15.9mmに設定され、また、後述する考察に基づき肉厚 $t_5$ が、所定の範囲に規定され、本例では典型的寸法として1.1mmに設定されている。

[0081] さらに、特に本管部103と細管部104、105の境界内側コーナ部(以下、単に「内

側コーナ部」という。)106には、曲率半径が0.5mm～3.0mmに範囲のR部が形成されており、本実施例では典型的寸法として当該R部の曲率半径が1.5mmに設定されている。

上記発光管100の本管部103内部には、タングステン(W)製の一对の電極170、180(両電極間距離 $L_e$ :10mm)が配設される。ここで、上記電極170、180は、タングステン製の電極棒172、182の先端部に同じくタングステン製のコイル171、181を取着して構成される。

[0082] 各電極棒172、182は、放電空間120と反対側の端部において、 $Al_2O_3$ -Mo系導電性サーメットからなる内部リード線109、110(外径0.9mm)に接合・保持される。また、各電極棒172、182の細管部104、105内の存する部分には、発光物資の沈み込みを防止するため、モリブデン(Mo)コイル117、118が巻回されている。

[0083] 内部リード線109、110は、細管部104、105の開口端部141、151から外部に導出されると共に、当該開口部において、 $Dy_2O_3$ - $Al_2O_3$ - $SiO_2$ 系フリット(シール材)111、112によりそれぞれ気密封着されている。

また、各内部リード線109、110の、細管部104、105からの導出部分の端部にはニオブからなる外部リード線113、114が同軸上に接合・保持され、この部分にスリーブ1131、1141を外挿することにより当該接合部が補強される。

[0084] 上記フリット111、112は、特にランプ点灯時の発光物質による内部リード線109、110への侵蝕を抑制するために、内部リード線109、110のW電極棒172、182との接合部近傍まで充填されている。

放電空間120内には、後述するように $CaI_2$ 混合の金属ハライドからなる発光物質が封入され、また緩衝ガスとしての水銀が約10mg及び始動補助用希ガスとしてのアルゴンが約13kPa封入されている。

[0085] (2) 発光物質の組成

さて、本願発明者は、開発当初において、一体成型型セラミック管に、従来の150W品種と同じ組成比率( $DyI_3$  12%+ $TmI_3$  12%+ $HoI_3$  12%+ $TlI$  16%+ $NaI$  48%)からなる総量5.2mgの発光物質を封入した試作発光管を作成した。

[0086] この試作発光管は、封入する発光物質と細管部と本管部の内側コーナ部6にR部



を設けていないことを除いて、全て上記図13の発光管100と同じ構成である。

これにより、試作発光管を組み込んだメタルハライドランプは、特に初期光束が13800lm(ルーメン)及び発光効率が92.0lm/Wとなった。因みに、従来の組立焼結型の150W品種の発光効率は、88.0lm/Wであったので、これに比べて約4.5%改善されている。これは主に一体成型型透光性セラミック管の適用によるものである。

[0087] また、平均演色評価数Raが94および特殊演色評価数R9が40という優れたランプ特性が得られた。

ところが、上記試作発光管は、エージング試験において、約5000時間経過したあたりから、細管部104、105が特有の形態で破損することが判明した。特に、細管部破損は、主に口金を上にして、発光管の管軸が垂直方向とほぼ一致する状態で点灯した場合(以下、「口金UP点灯」という。)に、試作発光管の下側細管部に多く発生した。

[0088] この原因を究明すべく、破損した試作発光管の破損部の断面をSEM(走査型電子顕微鏡)で観察したところ、図14の模式図に示すような観察結果が得られた。

同図に示すように細管部5の破損は、本管部103の端部からL3(=5~6mm程度)だけ離れた箇所105Aで発生した。そして、特に破損箇所105Aは発光物質による侵蝕を受けて凹形状をなしており、これに対して破損箇所105Aから本管部103側に隣接する箇所105Bに、新たに凸形状をなす $\text{Al}_2\text{O}_3$ 堆積物153がMoコイル118の周面と接するようにして生成されていた。

[0089] この状態で点灯すると、温度上昇に伴い105Bの箇所における細管部105とモリブデンコイル118、電極棒182などの熱膨張により、白抜きの矢印に示すような方向に作用する応力Sが発生し、この応力Sが、侵食されて強度が弱くなった105Aの部分に曲げ力として加えられたためクラック152が生じ、その繰り返しにより、細管部105が破損したものと推察される。

[0090] 次に、なぜ105Aの部分にセラミック管の侵食が生じたかについて考察すべく、従来の透光性セラミックメタルハライドランプに適用されていた各種類の発光物質と透光性セラミック管への侵蝕度合を実験により調べてみた。

この実験では、管内に各種の発光物質及び透光性セラミック管サンプル片とアルゴ



ンを封入した石英管を試作し、これを加熱炉で約1100℃で2000時間加熱処理した後に、各透光性セラミック管サンプル片の侵蝕度合を観測した。

[0091] この結果、侵蝕度合は、 $\text{TmI}_3 > \text{HoI}_3 > \text{DyI}_3 \gg \text{CeI}_3 \approx \text{PrI}_3 > \text{TlI} \approx \text{NaI} \approx \text{CaI}_2$  の順序で小さくなり、特に $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{DyI}_3$ の希土類金属ハライドの侵蝕度合が大きいことが分かった。

そして、細管部の少し中に入った箇所105Aで当該希土類金属ハライドが気相から液相に変わり、この部分で液相状態の希土類金属ハライドの対流が生じて細管部の侵食が促進されたものと推察される。

[0092] そこで、本願発明者は、特に侵蝕度合の大きい希土類金属ハライド $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{DyI}_3$ を含む従来の発光物質に加えて、侵蝕度合の小さい $\text{CaI}_2$ を所定の割合で混合して発光管100内に封入した。これによって、前記試作ランプにおける特有の細管部侵蝕と応力印加による破損が著しく抑制され、従来の150W品種の組立焼結体製品と同等の定格寿命時間12000時間が十分な余裕をもって確保できた。

[0093] (3)実施例

以下に、本発明に係る発光管100の構成とメタルハライドランプ22の特性を実施例に基づき、より詳しく説明する。

本実施例では、特に典型的構成として組成比率( $\text{DyI}_3$  7.7% +  $\text{TmI}_3$  7.6% +  $\text{HoI}_3$  7.6% +  $\text{TlI}$  11.3% +  $\text{NaI}$  37.2% +  $\text{CaI}_2$  28.6%)からなる総量7.2mgの発光物質を発光管100内に封入した。

[0094] その他の構成は、前記試作発光管と同じである。これにより、上記発光管100によるランプ22は、初期光束が13500lmおよび効率が90lm/Wで平均演色評価数Raが96および特殊演色評価数R9が75というランプ特性が得られた。

ここで、前記試作発光管に比べて約2%低下したのは、本発明による発光物質への $\text{CaI}_2$ 混合によるものである。また、R9値が40から75へ上昇したのも、同じ $\text{CaI}_2$ 混合によるものである。

[0095] また、本第4の実施の形態に係るメタルハライドランプは、特に口金UP点灯によるエージング試験でも、約12000時間の寿命時間(光束維持率70%になるエージング時間で規定)が得られ、この間に細管部破損は観測されなかった。

図15は、このときの細管部105の走査型顕微鏡による観測結果を示す模式図である。

- [0096] 同図に示すように105Aの箇所における侵食の度合が、図14の場合に比べて極端に少なくなっており、これに伴い $\text{Al}_2\text{O}_3$ 堆積物153の量も少なくなっている。これにより細管部の破損のおそれが、図14の場合に比較して格段に少なくなり、ランプ寿命が飛躍的に延びたのである。

上記構成による細管部侵蝕抑制の効果は、特に発光物質の中で侵蝕度合の大きい希土類金属ハライド $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{DyI}_3$ が、組成比率の比較的高い $\text{CaI}_2$ 混合により希釈され、細管部105の侵蝕箇所105Aと接触する上記希土類金属ハライドの割合が実効的に低減されることに起因するものである。

- [0097] (4)  $\text{CaI}_2$  混合量および細管部の肉厚の最適範囲

上述のように発光物質に $\text{CaI}_2$ を混合することにより、細管部の侵食が大幅に抑えられることが実証された。

ここで、上記 $\text{CaI}_2$ 混合の優位性は、上記のように透光性セラミック管への侵蝕度そのものが小さい上に、その組成比率を比較的高めてもランプ特性へのマイナス効果が低レベルに抑え得ることにある。

- [0098] しかしながら、 $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{DyI}_3$ などの希土類金属のハロゲン化物に比して、 $\text{CaI}_2$ の発光効率がやや劣ることは否めなく、例えば、上記実施例における当該希土類金属ハライド $\text{CaI}_2$  28.6モル%混合の発光管100は、 $\text{CaI}_2$ を混合しない場合に比して発光効率が、約2%小さくなった。

したがって、本発明の課題のひとつである高効率化を確保するためには、 $\text{CaI}_2$ を混合する量に一定の上限がある。

- [0099] 実際に、管壁負荷が $30\text{W}/\text{cm}^2$ の試験発光管を用いたメタルハライドランプについて、発光物質の成分を上記と同じものとし、 $\text{CaI}_2$ のモル%を変化させて、発光効率( $\text{lm}/\text{W}$ )を測定したところ、図16の表4のような実験結果が得られた。

同表からも分かるように $\text{CaI}_2$ のモル%が増加するほど、発光効率が徐々に低下し、65モル%を超えると極端に発光効率が低下しており、従来の150W品種の組立焼結型の発光管を採用した150W品種のメタルハライドランプにおける発光効率である

約88lm/Wを下回っており、これでは、当該焼結型のメタルハライドランプに比べて発光効率を向上させるという本願の目的を達成することは不可能である。他の管壁負荷が異なる他のメタルハライドランプについてもほぼ同様な結果が得られており、以上の考察により、 $\text{CaI}_2$ のモル%は65%以下が望ましいといえる。

[0100] また、反対に $\text{CaI}_2$ の量が少な過ぎると細管部の侵食の程度を十分に抑制することができず、細管部の破損を十分に回避できないというおそれがある。

その一方で、十分に $\text{CaI}_2$ を混合しても、細管部の侵食の程度が皆無になるわけではないので、当該細管部の肉厚も一定以上あることが望ましいと考えられるが、細管の肉厚をあまり大きくし過ぎると発光効率が低下して望ましくない。

[0101] すなわち、所望の高効率を確保しつつ、ランプ寿命を十分に得るためには、 $\text{CaI}_2$ の混合量と細管部の肉厚が、それぞれ最適な範囲内であることが望まれるのである。

そこで、本願発明者は、全ハロゲン化金属の総量に対する上記 $\text{CaI}_2$ の組成比率 $M_{\text{Ca}}$ (モル%)と細管部肉厚 $t_5$ (mm)の組み合わせの異なる試験ランプを複数製作し、管壁負荷を、通常のランプ使用範囲内の $20\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $30\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $40\text{W}/\text{cm}^2$ の3種類に設定してランプエージング試験を行い、細管部におけるクラックの発生の有無を確認した。試験ランプのその他の条件は上記実施例と全く同じである。

[0102] また、発光管内に封入された発光物質は、 $\text{DyI}_3$ 、 $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{TlI}$ 、 $\text{NaI}$ 、 $\text{CaI}_2$ であり、 $\text{CaI}_2$ の組成比率を0モル%から上記上限の65モル%まで変化させて実験を行った。

図17の表5は、上記エージング試験の結果を示すものである。

同表では、通常のエージング試験において9000時間を経過しても細管部にクラックが発生しなかった場合に「○」を付し、それまでにクラックが発生した場合に「×」を付している。

[0103] この表で、まず気付くのは、細管部の肉厚が一定値より小さい場合には、いくら $\text{CaI}_2$ を65モル%封入しても、細管部にクラックが生じるということである。

そして、クラックが生じないための細管部肉厚の最小値は、管壁負荷の値に応じて異なり、管壁負荷が $20\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $30\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $40\text{W}/\text{cm}^2$ の各場合に応じて、細管部に必要な肉厚は、少なくとも0.5mm、0.8mm、1.1mmであることが分かった。

。

- [0104] また、細管部の肉厚をあまり大きくし過ぎると発光効率が低下する。上記表4の実験結果からも分かるように、管壁負荷が $30\text{W}/\text{cm}^2$ の場合には、細管部肉厚が1.5mmになると、発光効率が大きく低下しているので、1.5mm未満が望ましいといえる。

。

この肉厚の上限は、発光効率の低下の割合の問題なので、管壁負荷の大きさ自体には影響されず、他の異なる管壁負荷の場合でもやはり1.5mm未満が望ましいことが本願発明者により確認された。

- [0105] 上述のように細管部の肉厚の上限は、管壁負荷にかかわらず、一律に1.5mm未満が望ましいが、肉厚の下限の大きさは、管壁負荷に依存している。

そこで、より詳しく細管部の肉厚の下限値と管壁負荷の関係を解明すべく、発光物質に $\text{CaI}_2$ を5モル%混合した状態で、管壁負荷が $20\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $27\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $30\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $40\text{W}/\text{cm}^2$ の各場合における、クラックが生じない細管部の最低値を有効数字2桁まで求めたところ、図18の表6のような実験結果が得られた。

- [0106] 図19は、上記表6の値をグラフ上にプロットしたときの図である。

同グラフにおいて、横軸 $p$ が管壁負荷の大きさ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )、縦軸 $t$ が細管部の肉厚(mm)を示しており、同グラフに示すように肉厚の下限値は、ほぼ直線B上に並ぶことが分かった。この直線Bの式を各プロットの値から求めて近似すると、 $t = p/36$ となった。

- [0107] したがって、細管部の肉厚を $t_5$  (mm)、管壁負荷を $p$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )とした場合に、 $p/36 \leq t_5 < 1.5$ の条件を満たすことが望ましい。

なお、この条件は、 $\text{CaI}_2$ の量が、5モル%のときの実験結果であり、 $\text{CaI}_2$ がそれ以上含まれる場合には、細管部がより侵食されにくくなるため、 $\text{CaI}_2$ の値が5モル%～65モル%のすべての範囲において、細管部の肉厚が少なくとも上記 $p/36$ 以上あれば、クラックが発生しないといえる。

- [0108] 因みに本管部の肉厚の範囲についても実験してみたところ、その上下限について図20の表7のような結果を得た。

この上限値は、本管肉厚を増大させることによる発光効率低下への影響を考慮し、



このときの組成で88lm/W以上であることを基準にして決定した。また、下限値は、ランプエージング試験で9000時間点灯してもクラックなどが生じない最小の肉厚の値である。

[0109] この結果をグラフ上にプロットすると図21のようになった。

したがって、例えば、管壁負荷が30W/cm<sup>2</sup>の場合には、細管部の最小の肉厚0.83mm、本管部の最小の肉厚0.53mmとし、さらにCaI<sub>2</sub>を最小の5モル%としたときに発光効率が一番高く、しかも細管部の破損を防止できてランプ寿命も満足のできるメタルハライドランプを得ることができる。

[0110] (5)細管部と本管部の境界の内側コーナ部におけるR部の形成

なお、発光物質にCaI<sub>2</sub>を混合した場合には、細管部の侵食を抑制できると共に、図15に示すようにアルミナの堆積位置5Bが、図14の場合に比べて放電空間20側に僅かながら移動するという現象も生じていることも判明した。

これは、侵食により溶出したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>がCaと複合物を形成し、その析出温度が変化したため、堆積位置も変化したからであると推測される。

[0111] そこで、本願発明者は、図22に示すように、細管部と本管部の境界の内側コーナ部106(図15)に、曲率半径1.5mmのR部331を形成して、上記と同様の評価実験を行って観察したところ、図23に示すようにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の堆積物153が当該R部331の部分に形成され、堆積物153とモリブデンコイル118の接触が完全になくなり、そのランプ寿命もさらに延びることが確認された。

[0112] そして、上記発光管100の内側コーナ部6に形成されたR部331の曲率半径は0.5mm～3.0mmの範囲に規定するのが妥当であることが解明された。

R部331の曲率半径が、0.5mm未満であるとエージング約8000時間で上記Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>堆積物153がMoコイル118に接触するケースがあり、一方、当該曲率半径が3.0mmより大きくなると、細管部105とモリブデンコイル118との隙間が大きくなり過ぎて当該隙間に沈積する発光物質の割合が増大し、これによるライフ中の光束低下が検討品に比べ約5%以上も低下し、望ましくないからである。

[0113] (6)まとめ

以上から、TmI<sub>3</sub>、HoI<sub>3</sub>、DyI<sub>3</sub>などの希土類金属のハロゲン化物を発光物質とし

て使用する場合に、一体成形型透光性セラミック管を用いた発光管を有する屋内型のメタルハイドランプにおいて、従来の組立焼結型のセラミック管を用いた発光管の場合よりも、高効率で、かつ、ランプ寿命を良好に保つためには、次の条件が満たされることが望ましい。

- [0114] (i)  $\text{CaI}_2$  が、発光物質全体に対して5～65モル%の範囲で混合されていること。  
 (ii) かつ、細管部の肉厚を $t_5$  (mm) が、管壁負荷を $p$  ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) とした場合に、 $p/3$   
 $6 \leq t_5 < 1.5$  となるように $t_5$  が設定されていること。  
 (iii) さらに望ましくは、細管部と本管部の内側コーナ部に曲率半径0.5～3.0mmのR部が形成されていること。

[0115] (第5の実施の形態)

この第5の実施の形態に係る発光管は、上記実施例4における発光物質に加えて、さらに $\text{CeI}_3$ を封入した点に特徴がある。

ここでは、特に典型的構成として組成比率( $\text{DyI}_3$  7.5% +  $\text{TmI}_3$  7.5% +  $\text{HoI}_3$  7.4% +  $\text{TlI}$  11.1% +  $\text{NaI}$  36.3% +  $\text{CaI}_2$  27.8% +  $\text{CeI}_3$  2.4%)からなる総量7.5mgの発光物質を管内に封入した。

- [0116] このように実施例4における前記 $\text{CaI}_2$ に加えて $\text{CeI}_3$ をさらに混合したのは、特に実施例4における $\text{CaI}_2$ 混合による発光効率の低下を、比視感度の高い緑色領域スペクトルを効率良く放射する沃化セリウム $\text{CeI}_3$ の添加により補うためである。

その他の構成は、第4の実施の形態における発光管100と同じである。

実際に、本第5の実施の形態に係る発光管を備えたメタルハイドランプは、特に初期光束が14700lmおよび発光効率が98lm/Wとなり、前記第4の実施の形態におけるメタルハイドランプに比べて約6%高い値が得られた。

- [0117] また、ランプ演色性も、平均演色評価数Raが95および特殊演色評価数R9が70という比較的優れたレベルに保たれた。

一方、本実施例に係るメタルハイドランプは、前記第4の実施の形態に係るメタルハイドランプと同等の約12000時間以上の寿命時間が得られ、この間特有の細管部破損は観測されなかった。そして、特に透光性セラミック管102の細管部105の侵蝕の程度も著しく抑制され、また $\text{Al}_2\text{O}_3$ 堆積物153も透光性セラミック管102の本

管部103と細管部105の境界部の内側コーナ部106に形成したR部331の部分に生成されるのが観測された。

- [0118] 本実施例5の構成における $\text{CeI}_3$ 添加の優位性は、記述したように透光性セラミック管への侵蝕度合が小さい上に、特に比較的低い組成比率でも効率上昇効果が得られ、よってランプ寿命へのマイナス効果が低レベルに抑え得ることにある。

そして、これに関する詳しい検討結果から、特に上記全ハロゲン化金属の総量に対する $\text{CeI}_3$ の添加組成比率 $M_{\text{ce}}$ (モル%)が0.5～10モル%の範囲に規定するのが妥当であることが解明された。

- [0119] 上記割合が0.5モル%より小さくなると約4%以上の顕著な効率上昇効果が得られなくなり、一方10モル%より大きくなるとランプ発光色がいわゆる色座標の黒体放射軌跡からの偏位値 $D_{uv}$ で約5以上の緑色味おびた領域へと移行し、店舗などの照明には適さない色となるからである。

以上、第4、第5の実施の形態によれば、ランプ寿命が長く、コストパフォーマンスに優れ、しかも演色性が高いので、これを搭載した照明装置(図12参照)を特に店舗などに設置すれば、商品の色が鮮やかに見え、顧客に大きくアピールすることができる。

なお、上記第4、第5の実施の形態に係る発光管を備えたメタルハライドランプによれば、第1、第2の実施の形態の構成に比べて、さらに次のような効果が得られる。

- [0120] すなわち、第4、第5実施の形態に係るメタルハライドランプは、その発光管の本管部における接続部と筒状部の内部の境界部におけるRが大きくなっているため、放電空間内における壁面全体の、発光中心(電極間距離の中心)からの距離の差を、第1、第2の実施の形態の場合に比べて比較的小さくすることができる。これにより点灯中における放電空間壁面の温度差を小さくできるので、発光部内部においてハロゲンサイクルが均等に作用し、部分的に黒化するようなことがなくなるという利点がある。したがって、第4、第5の実施の形態に係るメタルハライドランプの長時間点灯後の光束維持率は、第1、第2の実施の形態の場合よりも向上するものと考えられる。

- [0121] <その他>

(1) 上記第4、第5の実施の形態における $\text{CaI}_2$ 混合による細管部破損防止の効果

は、特に侵蝕度合の大きい希土類金属ハライド $\text{TmI}_3$ 、 $\text{HoI}_3$ 、 $\text{DyI}_3$ の少なくとも1種を含む発光物質が封入されたランプにおいても同様に確認された。

- [0122] (2) 上記第4、第5の実施の形態においては、発光管の内側コーナ部に所定の曲率半径のRを形成することによって、より長寿命化を図ったが、図24に示すように当該コーナ部を面取り加工しても同様な効果を得ることができる。

この面取り部332の管軸と平行な方向における面取り寸法をC1、これと直交する方向における面取り寸法をC2とすれば、上記Rの曲率半径の範囲を規定したのとはほぼ同じ理由により、C1、C2とも0.5～3.0mmの範囲にあることが望ましい。

- [0123] (3) 上記第5の実施の形態においては、発光効率をより向上させるため発光物質として $\text{CeI}_3$ を添加したが、これの全部もしくは一部に代えて、 $\text{PrI}_3$ を添加しても構わない。この $\text{PrI}_3$ も $\text{CeI}_3$ と同様な性質を有しているため、ランプ寿命に悪影響を与えずに発光効率を向上させることができる。

この場合でも、添加される $\text{PrI}_3$ のモル% ( $\text{CeI}_3$ も並存する場合には、 $\text{CeI}_3$ と $\text{PrI}_3$ を合わせたモル%)は、実施例5における $\text{CeI}_3$ の場合と同様の範囲内(0.5～10モル%)であることが望ましい。

- [0124] (4) 上記各実施の形態においては、透光性セラミック発光管材料として多結晶アルミナによる実験結果を述べたが、当該発光管材料として利用可能な透光性セラミックとして知られる、イットリウム-アルミニウム-ガーネット(YAG)や窒化アルミなどの場合でも侵食されるおそれがあるので、この場合でも上記各実施の形態と同様な構成にすることにより、上記と同様の作用効果を得ることができる。

(5) また、上記各実施の形態においては、ハロゲン化金属について沃化金属を例に述べたが、沃素(I)以外のハロゲンである臭素(Br)、塩素(Cl)の金属化合物であっても同様の効果が得られる。

(6) 第5の実施の形態において、発光管内に封入されるハロゲン化物の総量の内、Ce、Prを含む希土類金属ハロゲン化物の総量の組成比率は、2～40モル%の範囲内であることが好ましい。2モル%以下であると所定の色特性と発光効率を得ることができず、40モル%以上であると非常に侵蝕反応性が増大し上記の発明を利用した場合においても、細管部のクラックが短時間で発生することが実験により確認されて



いる。

(7) 上記各実施の形態においては、屋内用の比較的小型なメタルハライドランプについて説明したが、本発明は、屋外用の大型のメタルハライドランプにも適用可能である。大型であっても、輝度を増加させるため管壁負荷を増大させれば、細管部が侵食により破損するおそれが全くないとはいえないからである。

[0125] (8) 上記第4、第5の実施の形態においては、定格出力が150Wのメタルハライドランプについて説明したが、本発明は、これに限らず10W程度の低ワットランプから400Wの高ワットランプまでの全てのメタルハライドランプについて適用可能である。

(9) なお、上記各実施の形態では、発光管の外囲器が完全に一体成形されているものについて説明したが、本管部の筒部が管軸方向に2分割されており、この部分で焼きばめして組み立てる構成の外囲器であっても、細管部と本管部が一体成形されている以上、本発明においては一体成形型の外囲器と考えるものとする。

[0126] もっとも、図25(a)の発光管300のように、

円筒部材303の両端の開口部を一对の円板状の閉塞板319、320で塞いで本管部301とし、この本管部301の閉塞板319、320の中央部の貫通孔に細管304、305を貫通させて、一体に焼結・接合されて形成したものをを用いてもよく、

さらには、図25(b)の発光管310に示すように、発光管の外囲器として、円筒部材303の両端部に小径部321、322を設けて本管部301とし、この小径部321、322に直接細管部304、305を接合して一体に焼結・接合した透光性セラミック管を採用してもよい。

[0127] 但し、図25(a)、(b)のいずれの外囲器も、本管部301と細管部304、304を個別に作成し、それらを組み立てた後に焼結するので、一般に組立焼結型セラミック管といわれるが、このような組立焼結型セラミック管においては、一体焼結する際にクラックが発生するおそれがあるため、細管部304、305および本管部301との接合部(図25(a)では319、320。図25(b)では321、322)の肉厚を厚くする必要があるので、当該接合部における光透過率が低下すると共に、この部分での熱容量が大きくなって熱伝導損失が増大し、ランプ電力に対してランプから射出される全光束量の割合(発光効率)が低下するおそれがある。この観点からすれば、上記各実施の形態に示

すように一体成形型の外囲器を使用する発光管の構成の方が高い発光効率が期待できる。

#### 産業上の利用可能性

- [0128] 本発明に係るメタルハライドランプは、長期の点灯時間に亘って、特に細管部のうちの接続部の近傍においてクラックが発生してリークするのを防止することができ、長寿命の光源として好適である。

## 請求の範囲

- [1] 内径が5.5mm以上の筒部とこの筒部の両端部に接続部を介して形成された細管部とを有し、かつ内部に少なくとも希土類のハロゲン化物が封入された透光性セラミック製の外囲器と、
- 先端部に電極部が形成され、かつこの電極部が前記筒部と前記接続部とで囲まれた領域内に位置するように前記細管部内に隙間を有して挿入され、細管部の前記筒部と反対側の端部において封着される電極導入体と
- を有する発光管を備え、
- 前記発光管の外囲器は、発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面の直線部分と前記接続部の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ が $85^{\circ} \sim 115^{\circ}$ であり、
- 前記筒部と前記接続部との境界部の内面の曲率半径は0.5mm $\sim$ 2.5mmであることを特徴とするメタルハライドランプ。
- [2] 内径が5.5mm以上の筒部とこの筒部の両端部に接続部を介して形成された細管部とを有し、かつ内部に少なくとも希土類のハロゲン化物が封入された透光性セラミック製の外囲器と、
- 先端部に電極部が形成され、かつこの電極部が前記筒部と前記接続部とで囲まれた領域内に位置するように前記細管部内に隙間を有して挿入され、細管部の前記筒部と反対側の端部において封着される電極導入体と
- を有する発光管を備え、
- 前記発光管の外囲器は、発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面の直線部分と前記接続部の内面の直線部分とのなす角 $\alpha$ が $85^{\circ} \sim 115^{\circ}$ であり、
- 前記筒部と前記接続部との境界部の内面にはテーパ面が形成されており、前記発光管の長手方向の中心軸を含む面で切った断面において、前記筒部の内面と前記テーパ面との境界点を点A、前記接続部の内面と前記テーパ面との境界点を点Bとし、前記筒部の内面を含む直線と、前記点Bから前記直線に対して下した垂線との交点を点Cとしたとき、線分ACおよび線分BCの長さがそれぞれ0.5mm $\sim$ 2.5mm

であることを特徴とするメタルハライドランプ。

- [3] 前記外囲器内にはアルカリ土類金属のハロゲン化物が封入されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のメタルハライドランプ。
- [4] 前記電極部の突出長を $E$  (mm)、前記接続部と前記細管部との境界部分の最小肉厚を $t_b$  (mm)とした場合、前記突出長 $E$ と前記最小肉厚 $t_b$ とがそれぞれ $(E, t_b) = (0.5, 1.0)$ 、 $(0.5, 3.5)$ 、 $(5.0, 3.5)$ 、 $(5.0, 0.5)$ の4点で囲まれた範囲内にあることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のメタルハライドランプ。
- [5] 前記外囲器は、筒部と接続部と細管部が一体に成形されてなることを特徴とする請求項1または2に記載のメタルハライドランプ。
- [6] 外囲器が、管中央の本管部と管両端の一对の細管部を有する透光性セラミック管からなると共に、当該外囲器内に発光物質が封入されてなる発光管を備えたメタルハライドランプであって、  
前記発光物質として、トリウム(Tm)、ホルミウム(Ho)、ディスプロシウム(Dy)のうち少なくとも1種の希土類金属のハロゲン化物と、ハロゲン化カルシウムとが封入されると共に、前記ハロゲン化カルシウムの全ハロゲン化金属に対する組成比率が5～65モル%の範囲であり、  
かつ、前記透光性セラミック管の細管部の肉厚を $t_n$  (mm)とし、点灯時の管壁負荷を $p$  (W/cm<sup>2</sup>)とした場合に、 $p/36 \leq t_n < 1.5$ の関係を満たすことを特徴とするメタルハライドランプ。
- [7] 前記外囲器における本管部と細管部の境界の放電空間側のコーナ部に $R$ が形成されており、その曲率半径が0.5mm～3.0mmの範囲内であることを特徴とする請求項6記載のメタルハライドランプ。
- [8] 前記外囲器における本管部と細管部の境界の放電空間側のコーナ部が面取り加工されており、その外囲器の管軸に平行な方向および前記管軸に直交する方向における面取り寸法が、それぞれ0.5～3.0mmの範囲内であることを特徴とする請求項6に記載のメタルハライドランプ。
- [9] 前記発光物質として、さらにハロゲン化セリウムおよびハロゲン化プラセオジウムのうち少なくとも一種のハロゲン化金属が発光物質として添加されており、その組成



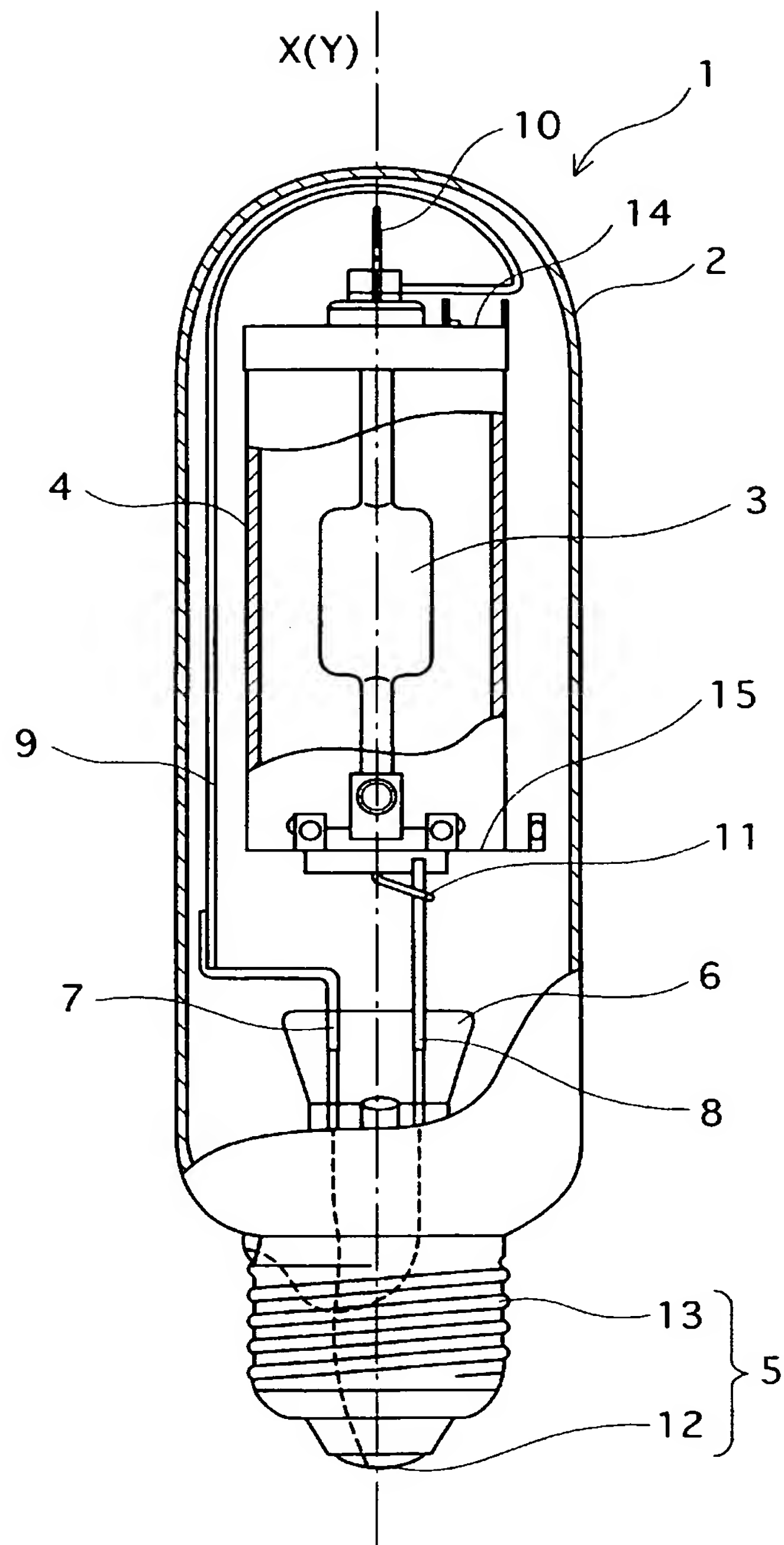
比率が前記外囲器内に封入された全ハロゲン化金属のモル量に対して、0.5～10モル%の範囲内に規定されていることを特徴とする請求項6～8のいずれかに記載のメタルハライドランプ。

[10] 前記外囲器は、本管部と細管部が一体に成形されてなることを特徴とする請求項6に記載のメタルハライドランプ。

[11] 請求項1、請求項2、請求項6のいずれかに記載されたメタルハライドランプと、このメタルハライドランプが収納された灯具と、前記メタルハライドランプを点灯させるための点灯回路とを備えていることを特徴とする照明装置。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

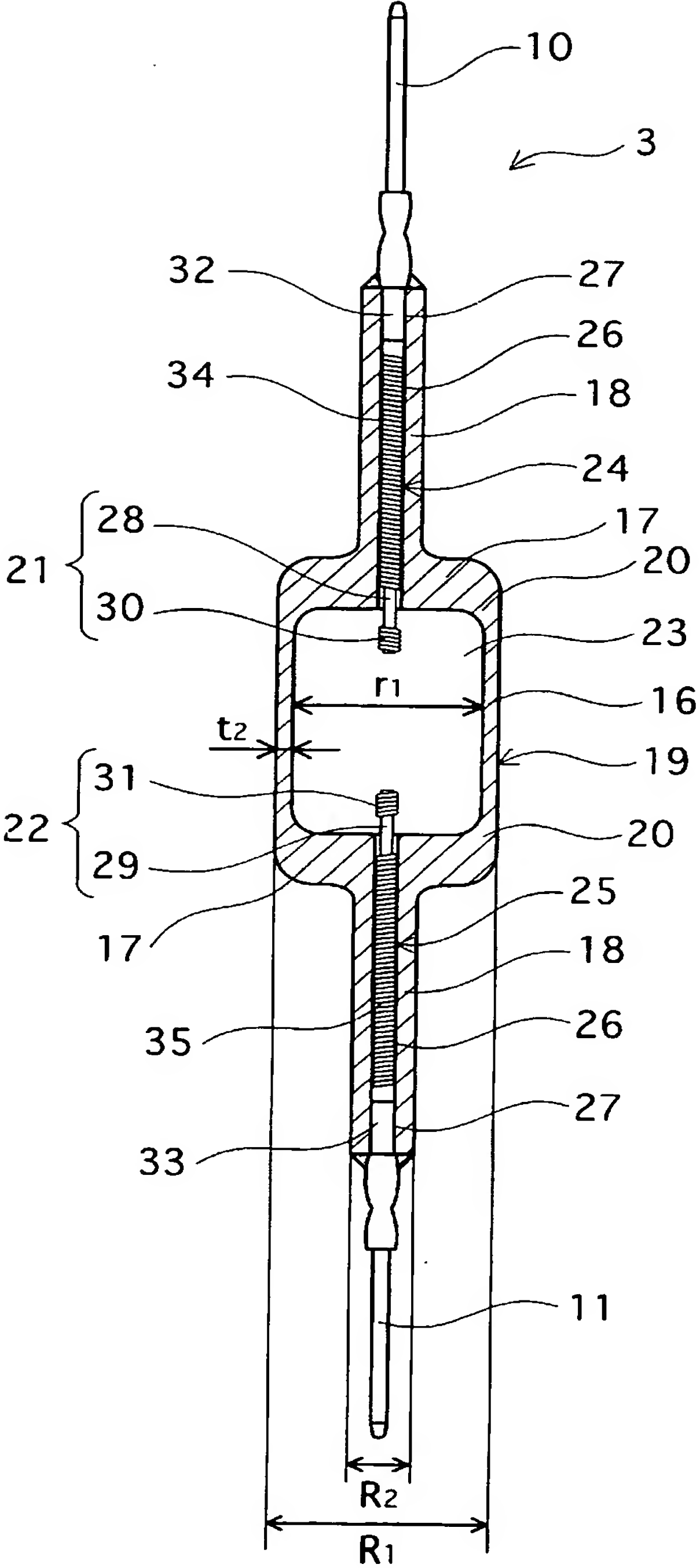
[図1]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

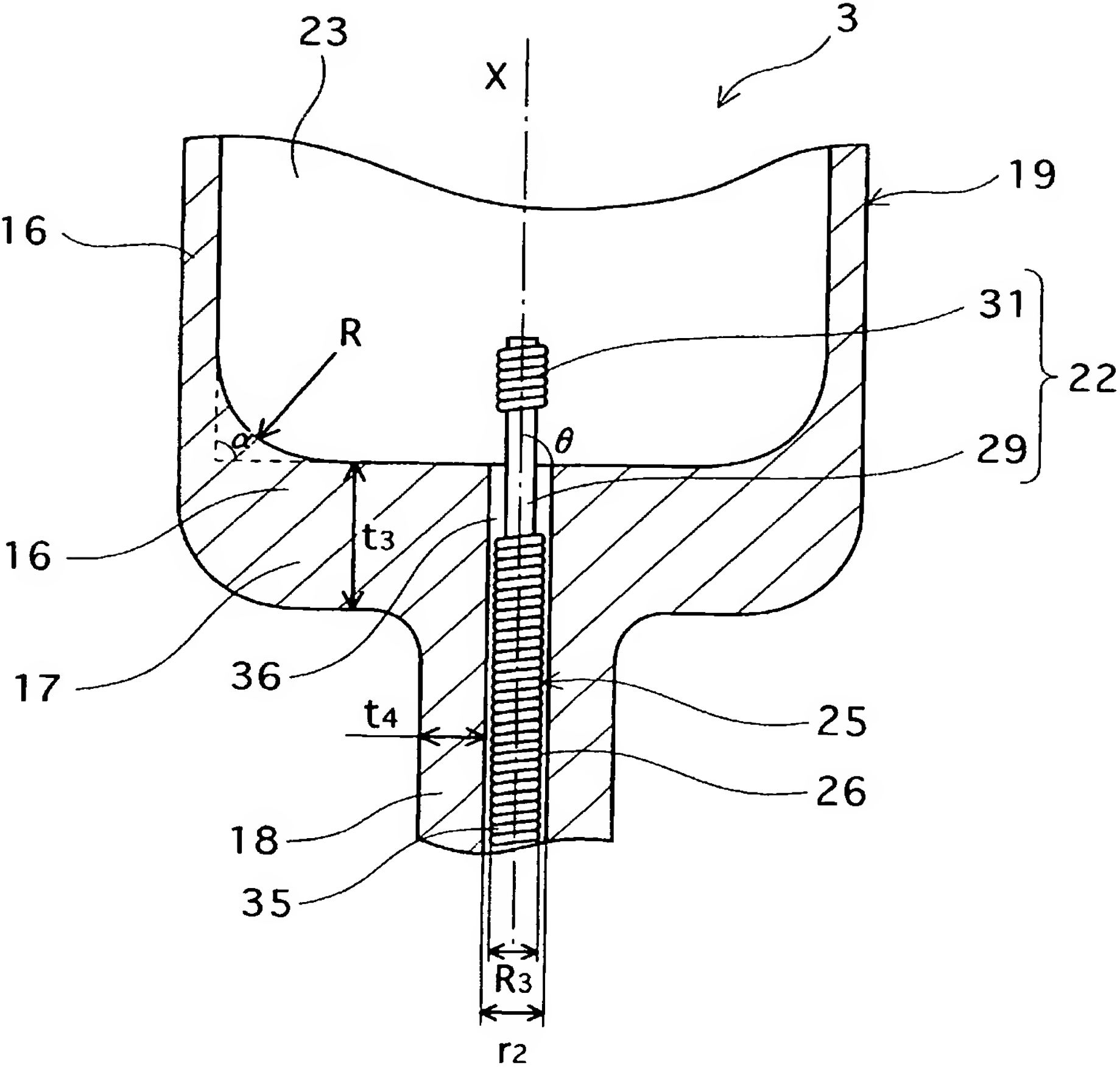


[図2]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

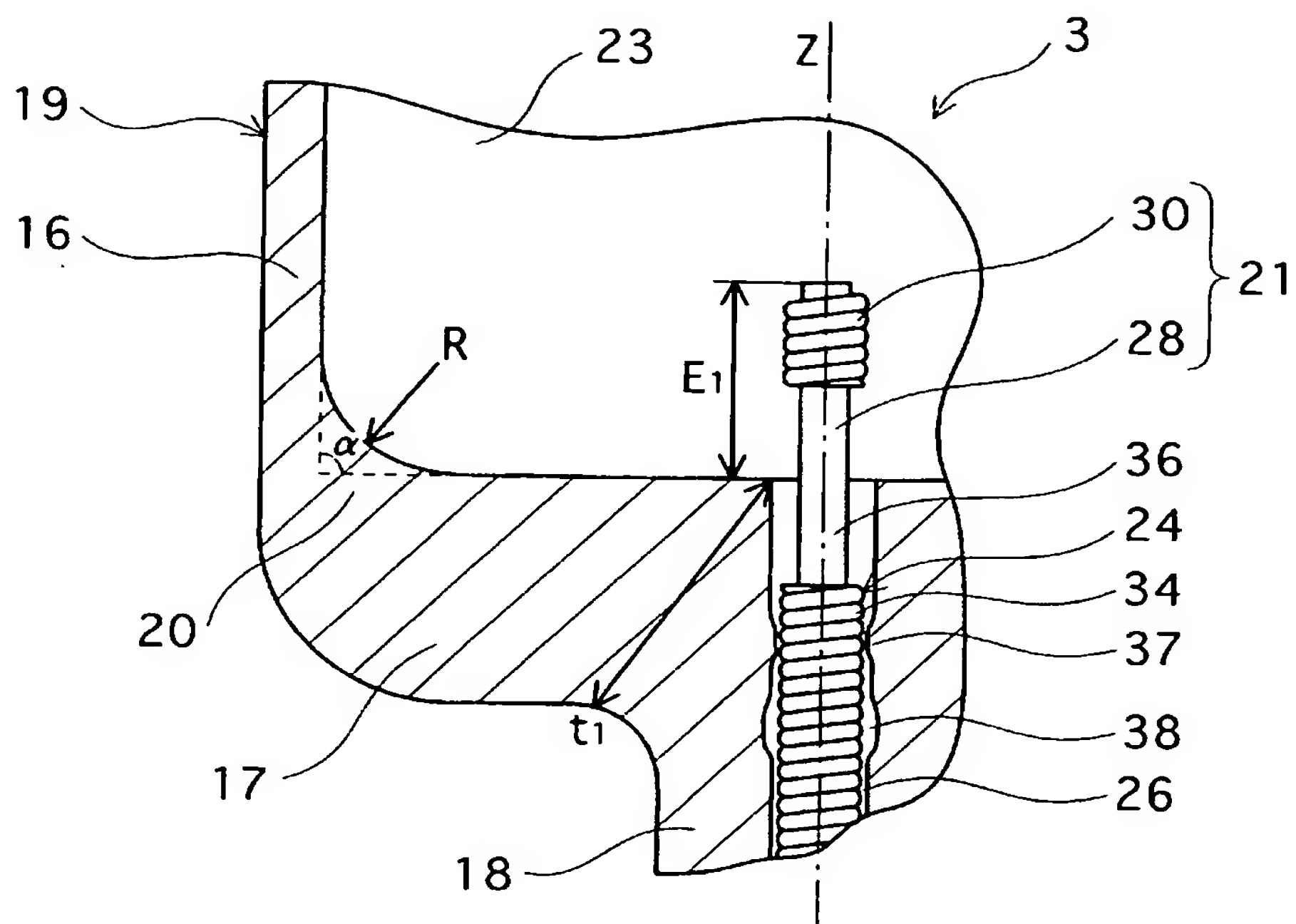
[図3]



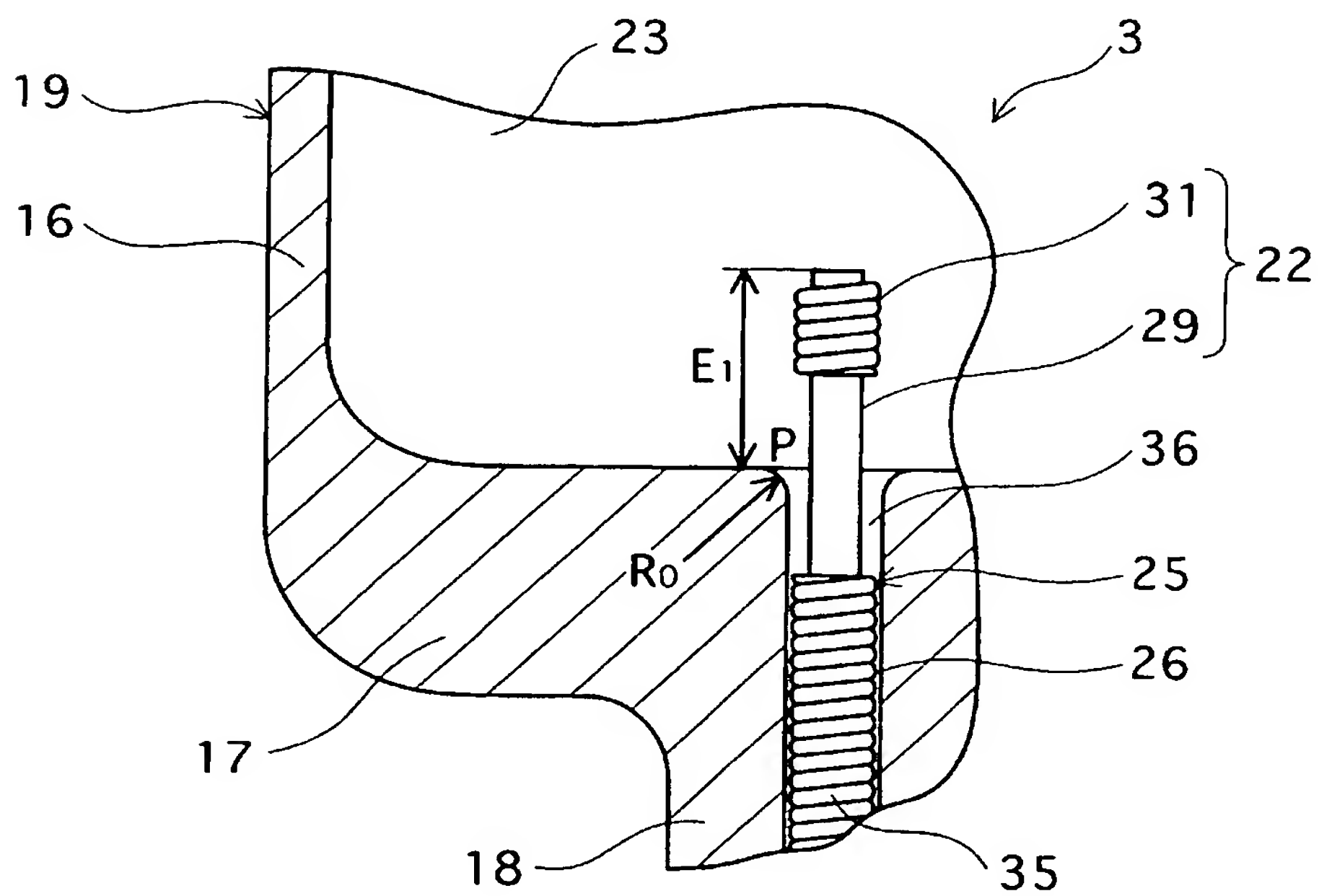
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[図4]



[図5]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図6]

(表1)

	境界部の 曲率半径R (mm)	クラックの発生有無				評価
		9000時間 点灯経過時	10000時間 点灯経過時	12000時間 点灯経過時	13000時間 点灯経過時	
実施例1	0.5	無し	無し	無し	－	かなり良好
実施例2	1.0	無し	無し	無し	無し	極めて良好
実施例3	1.8	無し	無し	無し	無し	極めて良好
実施例4	2.0	無し	無し	無し	－	良好
実施例5	2.5	無し	無し	－	－	良好
比較例1	0.3	無し	－	－	－	不良
比較例2	2.7	無し	－	－	－	不良

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図7]

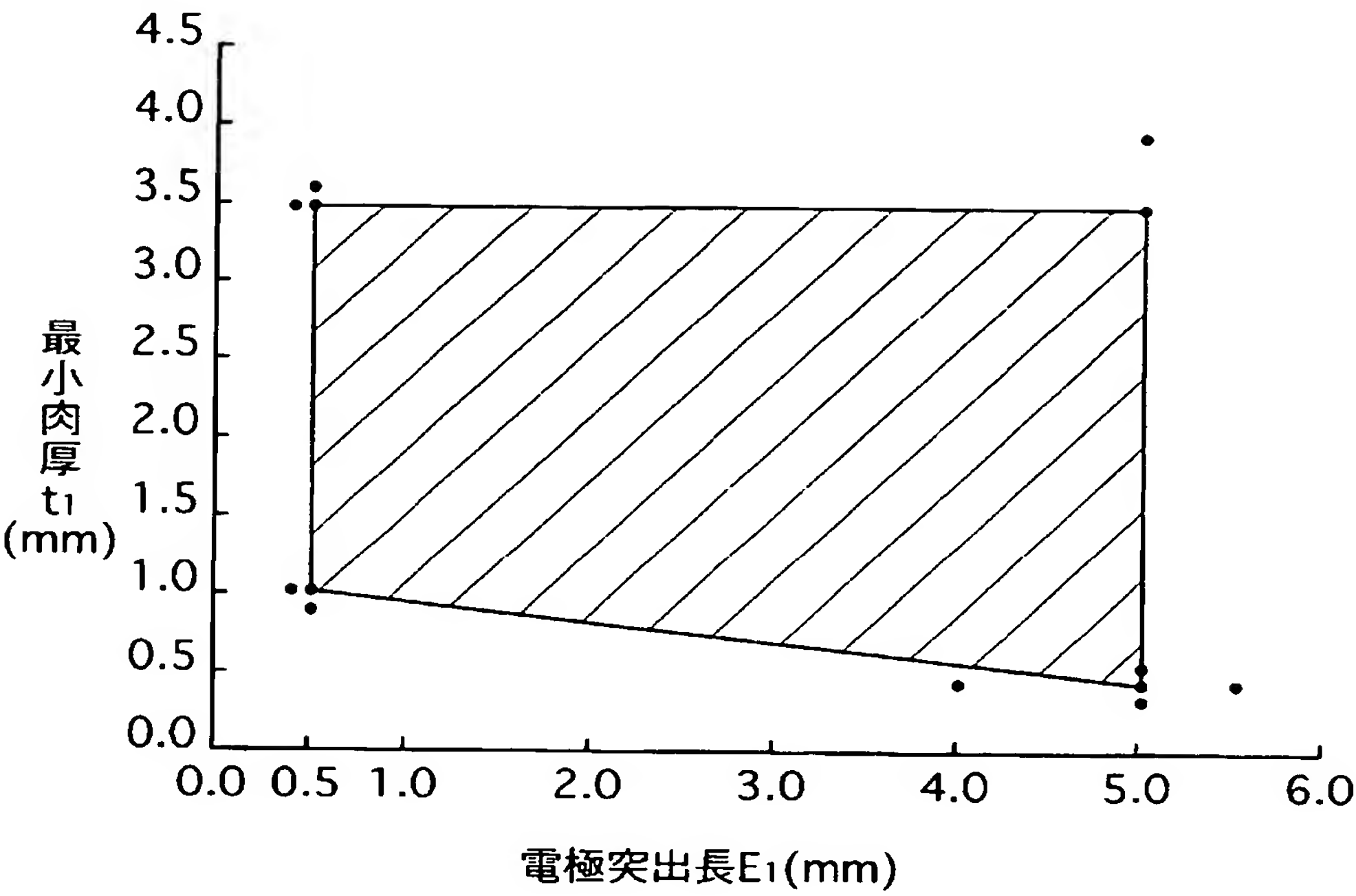
(表2)

	電極突出長 E1(mm)	最小肉厚 t1(mm)	接続部と細管部との境界部分 におけるクラックの発生有無	発光効率 (lm/W)	評価
実施例6	0.4	1.0	有り	93	不良
実施例7	0.4	3.5	有り	90	不良
実施例8	0.5	0.9	有り	93	不良
実施例9	0.5	1.0	無し	93	良好
実施例10	0.5	3.5	無し	90	良好
実施例11	0.5	3.6	無し	87	不良
実施例12	4.0	0.5	有り	92	不良
実施例13	5.0	0.4	有り	91	不良
実施例14	5.0	0.5	無し	91	良好
実施例15	5.0	0.6	無し	91	良好
実施例16	5.0	3.5	無し	90	良好
実施例17	5.0	4.0	無し	84	不良
実施例18	5.5	0.5	無し	91	不良



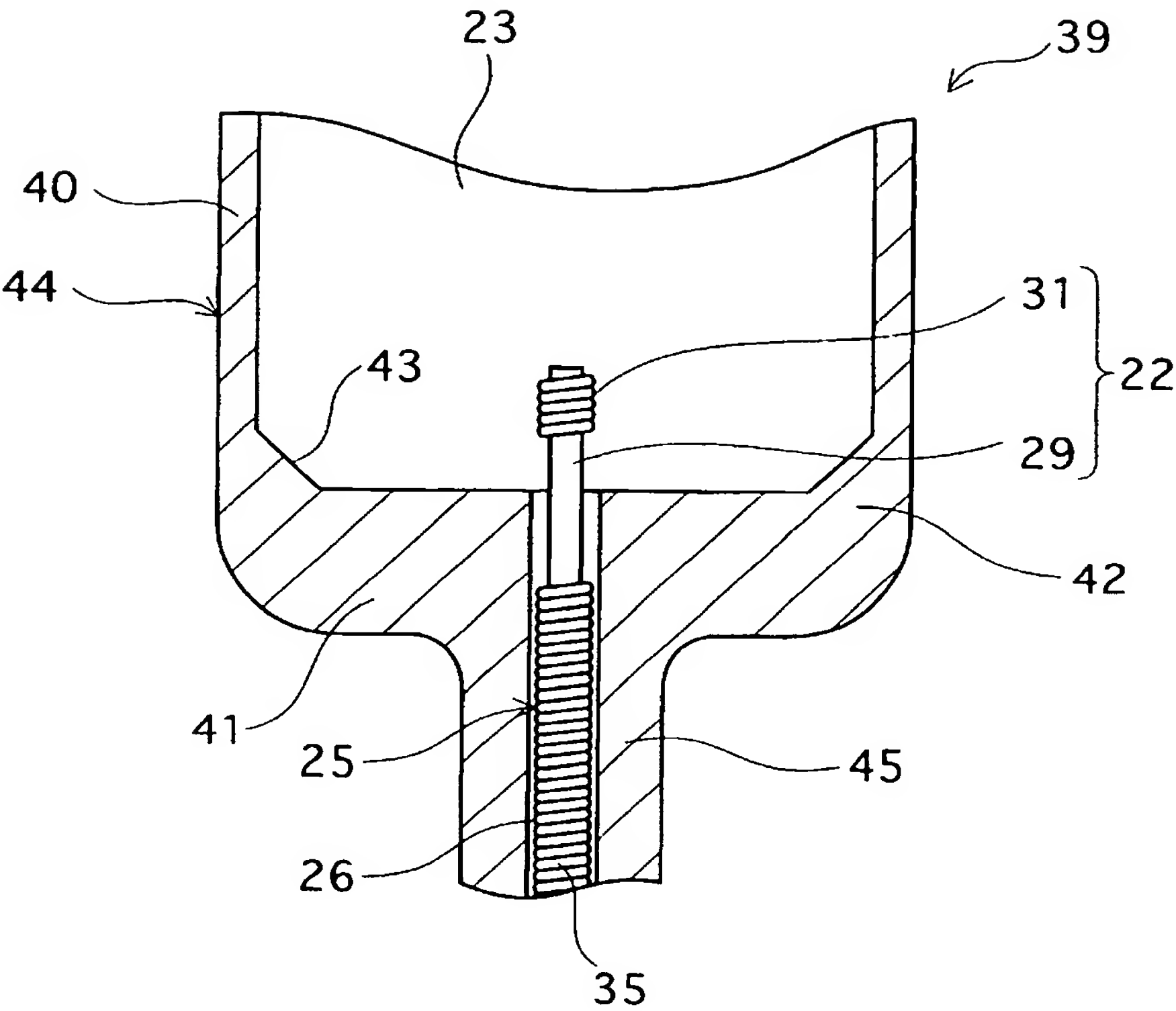
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図8]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

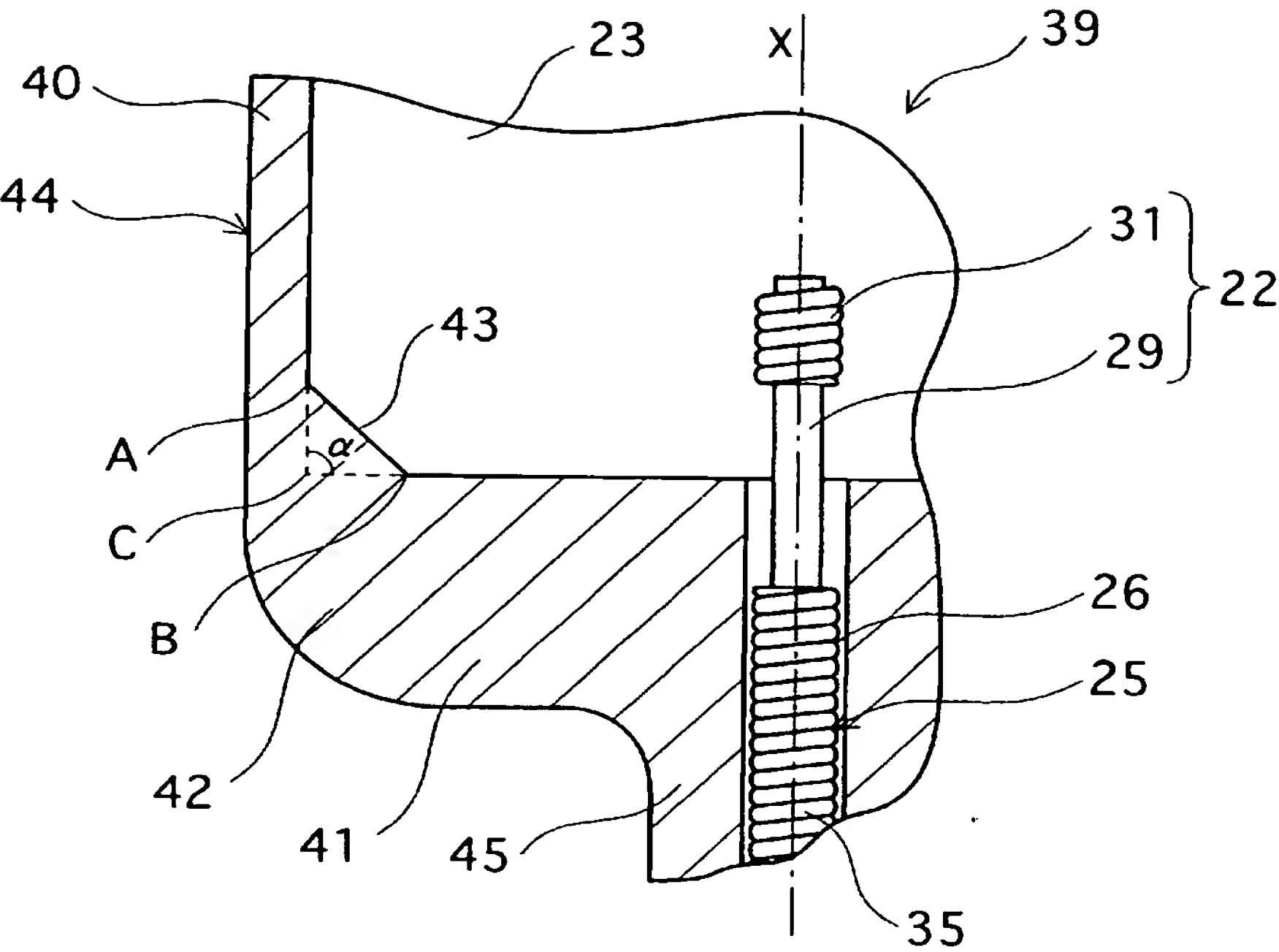
[図9]



THIS PAGE BLANK (USPTO)



[図10]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

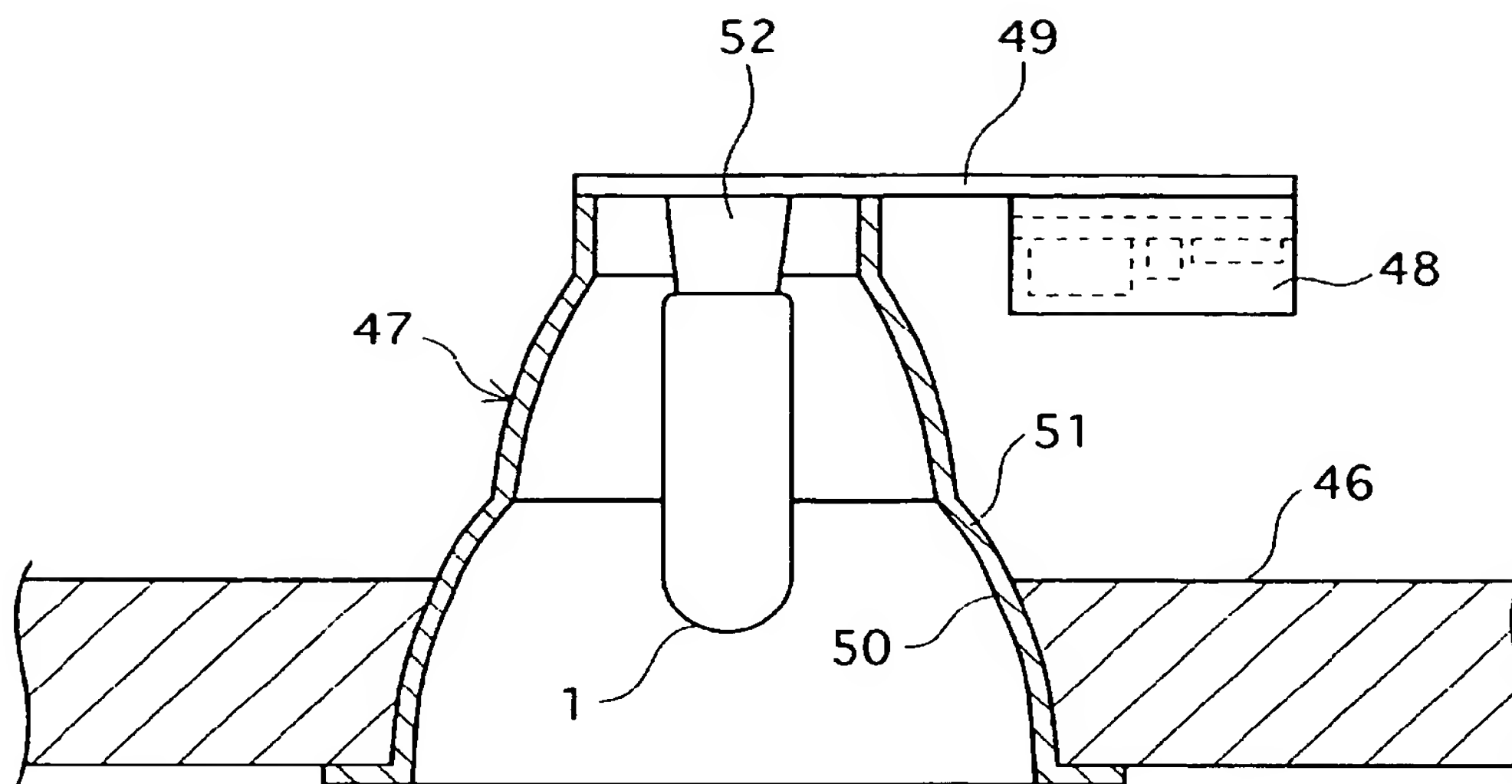
[図11]

(表3)

	線分AC の長さ (mm)	線分BC の長さ (mm)	クラックの発生有無			
			9000時間 点灯経過時	10000時間 点灯経過時	13000時間 点灯経過時	評価
比較例3	0.4	0.4	無し	—	—	不良
比較例4		0.5	無し	—	—	不良
比較例5		1.5	無し	—	—	不良
比較例6		2.5	無し	—	—	不良
比較例7		2.6	無し	—	—	不良
実施例19	0.5	0.5	無し	無し	無し	良好
実施例20		1.5	無し	無し	無し	良好
実施例21		2.5	無し	無し	無し	良好
比較例8		0.4	無し	—	—	不良
比較例9		2.6	無し	—	—	不良
実施例22	1.5	0.5	無し	無し	無し	良好
実施例23		1.5	無し	無し	無し	良好
実施例24		2.5	無し	無し	無し	良好
比較例10		0.4	無し	—	—	不良
比較例11		2.6	無し	—	—	不良
実施例25	2.5	0.5	無し	無し	無し	良好
実施例26		1.5	無し	無し	無し	良好
実施例27		2.5	無し	無し	無し	良好
比較例12		0.4	無し	—	—	不良
比較例13		2.6	無し	—	—	不良
実施例28	2.6	0.5	無し	無し	無し	良好
実施例29		1.5	無し	無し	無し	良好
実施例30		2.5	無し	無し	無し	良好
比較例14		0.4	無し	—	—	不良
比較例15		2.6	無し	—	—	不良

THIS PAGE BLANK (USPTO)

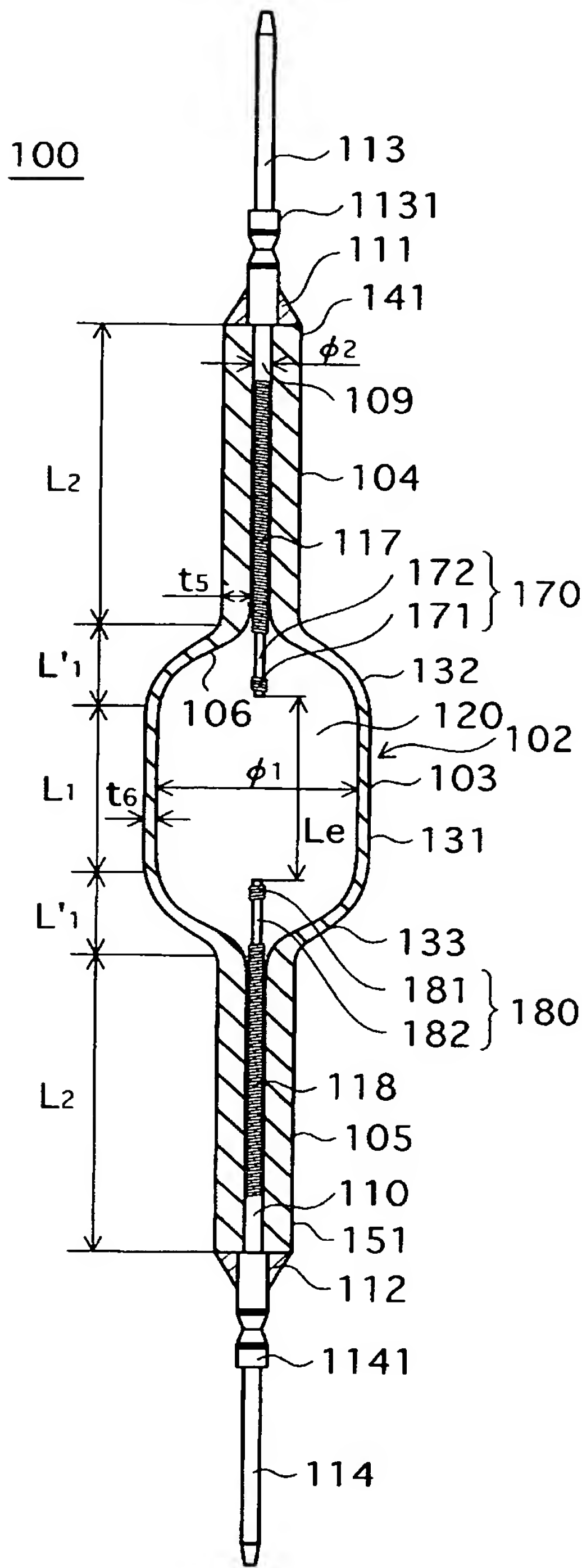
[図12]





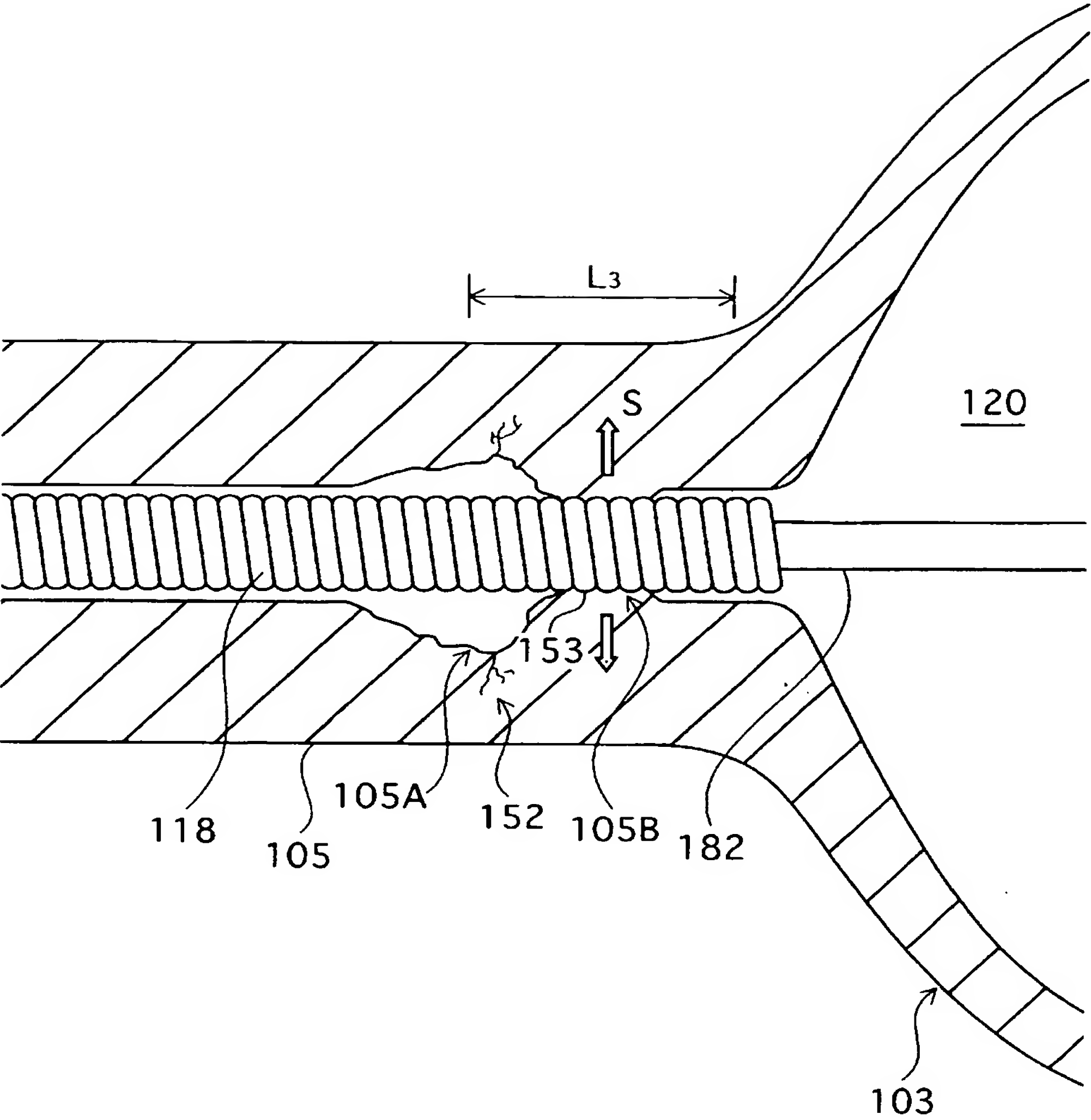
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図13]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

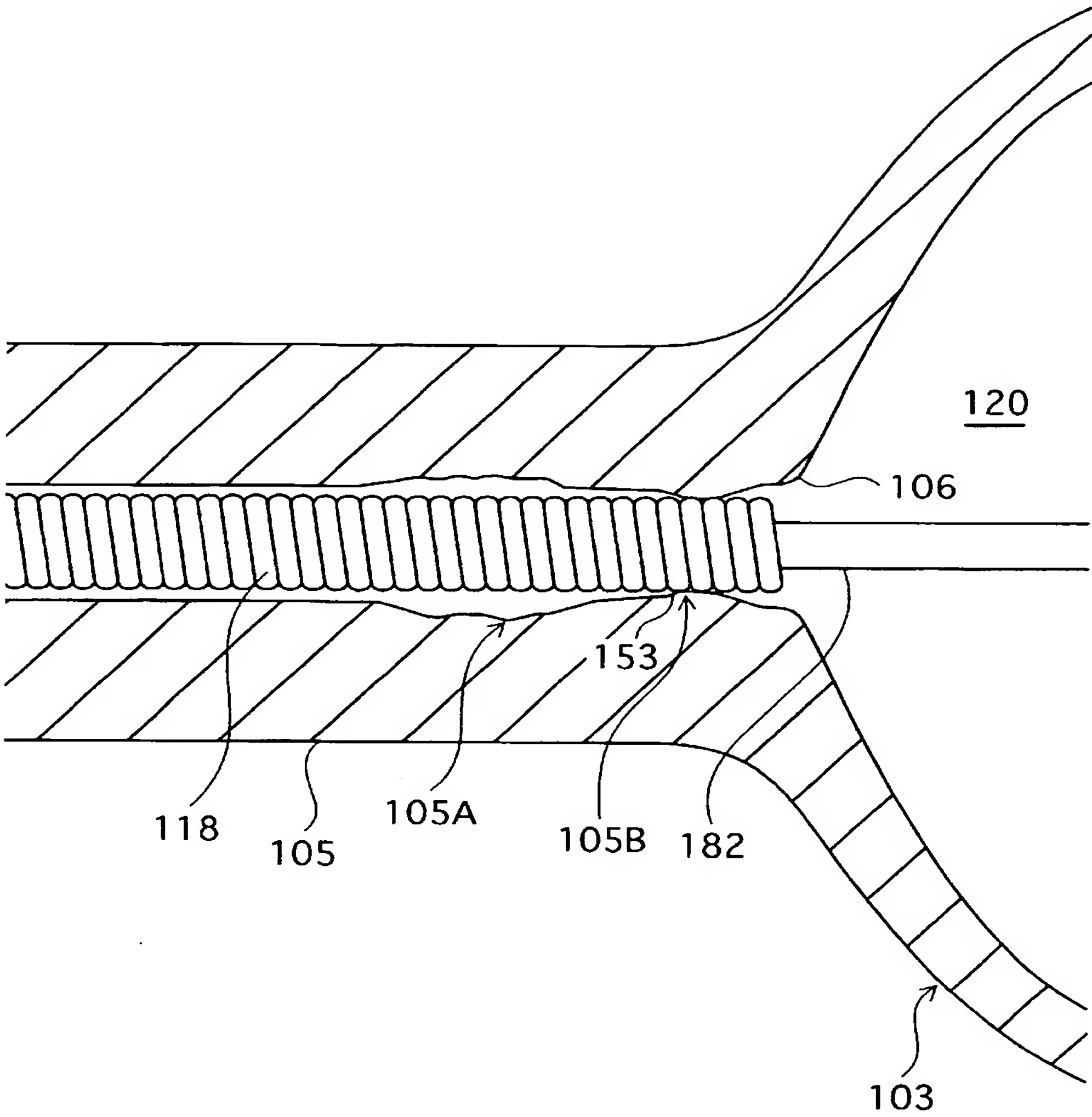
[図14]



THIS PAGE BLANK (USPTO)



[図15]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図16]

(表4)

管壁負荷 [W/cm <sup>2</sup> ]	細管肉厚 [mm]	CaI <sub>2</sub> 比率 [モル%]				
		0	5	30	65	70
30	0.7				90 lm/W	86 lm/W
	0.8	92 lm/W	91 lm/W	90 lm/W	89 lm/W	85 lm/W
	1.0				88 lm/W	84 lm/W
	1.5				85 lm/W	81 lm/W

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図17]

(表5)

管壁負荷 [W/cm <sup>2</sup> ]	細管肉厚 [mm]	CaI <sub>2</sub> 比率 [モル%]				
		0	3	5	30	65
20	0.4	—	—	X	X	X
	0.5	—	—	○	○	○
	0.7	—	—	○	○	○
30	0.7	X	X	X	X	X
	0.8	X	X	○	○	○
	1.1	X	X	○	○	○
	1.5	○	○	○	○	○
40	1.0	—	—	X	X	X
	1.1	—	—	○	○	○
	1.3	—	—	○	○	○

THIS PAGE BLANK (USPTO)

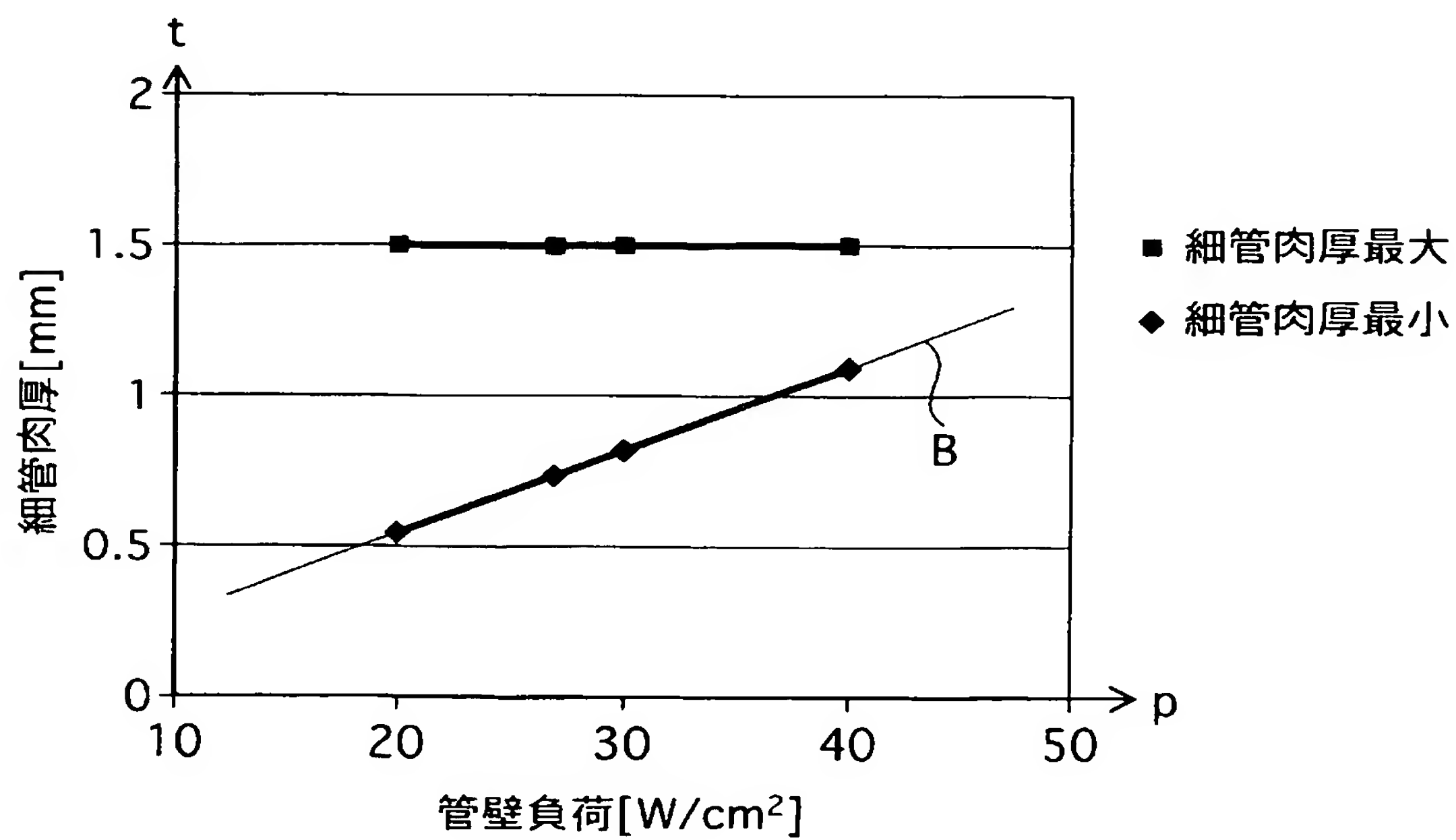


[図18]

(表6)

管壁負荷 [W/cm <sup>2</sup> ]	細管肉厚最小 [mm]	細管肉厚最大 [mm]
20	0.56	1.50
27	0.75	1.50
30	0.83	1.50
40	1.11	1.50

[図19]



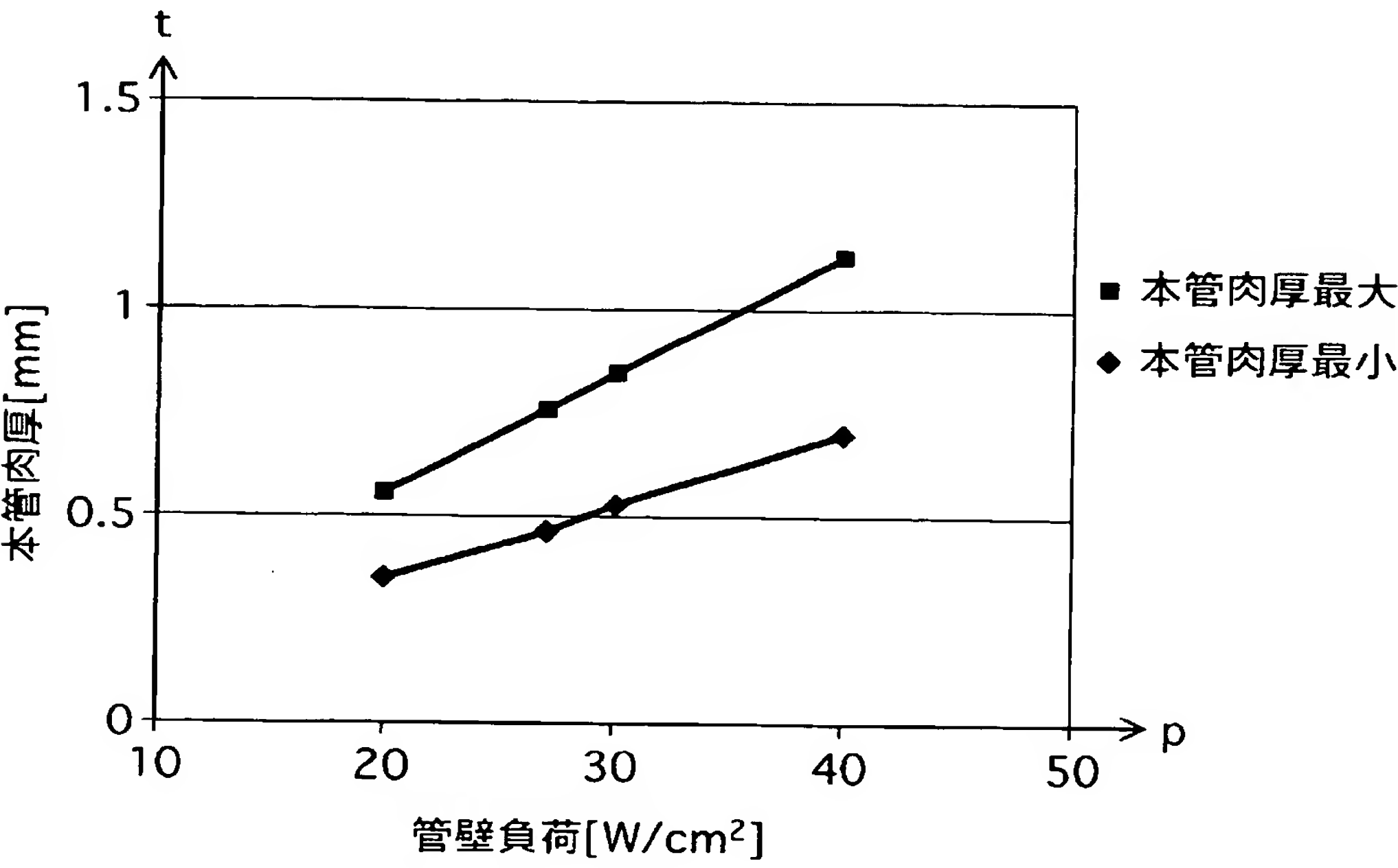
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図20]

(表7)

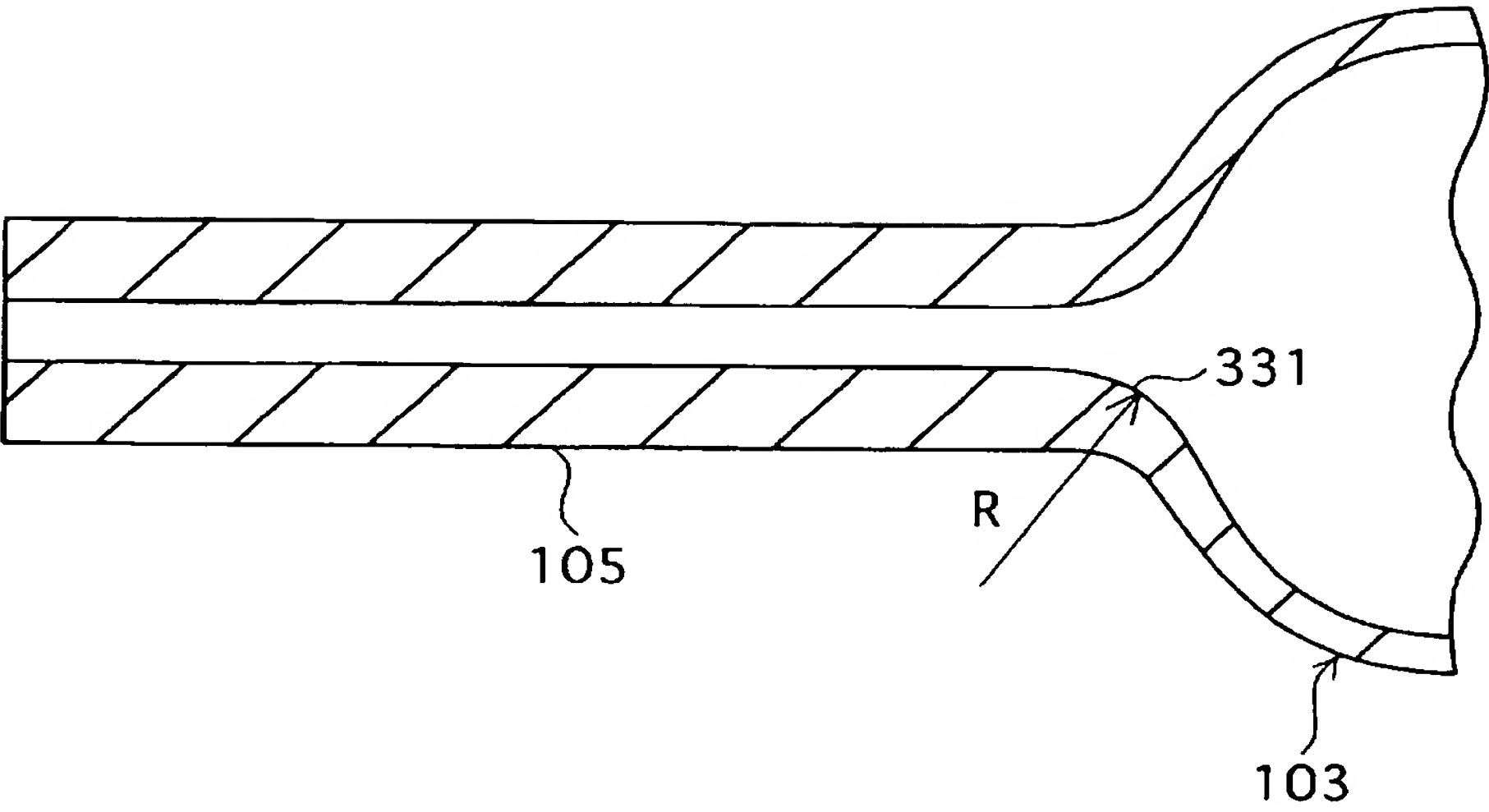
管壁負荷 [W/cm <sup>2</sup> ]	本管肉厚最小 [mm]	本管肉厚最大 [mm]
20	0.35	0.56
27	0.47	0.76
30	0.53	0.84
40	0.70	1.12

[図21]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

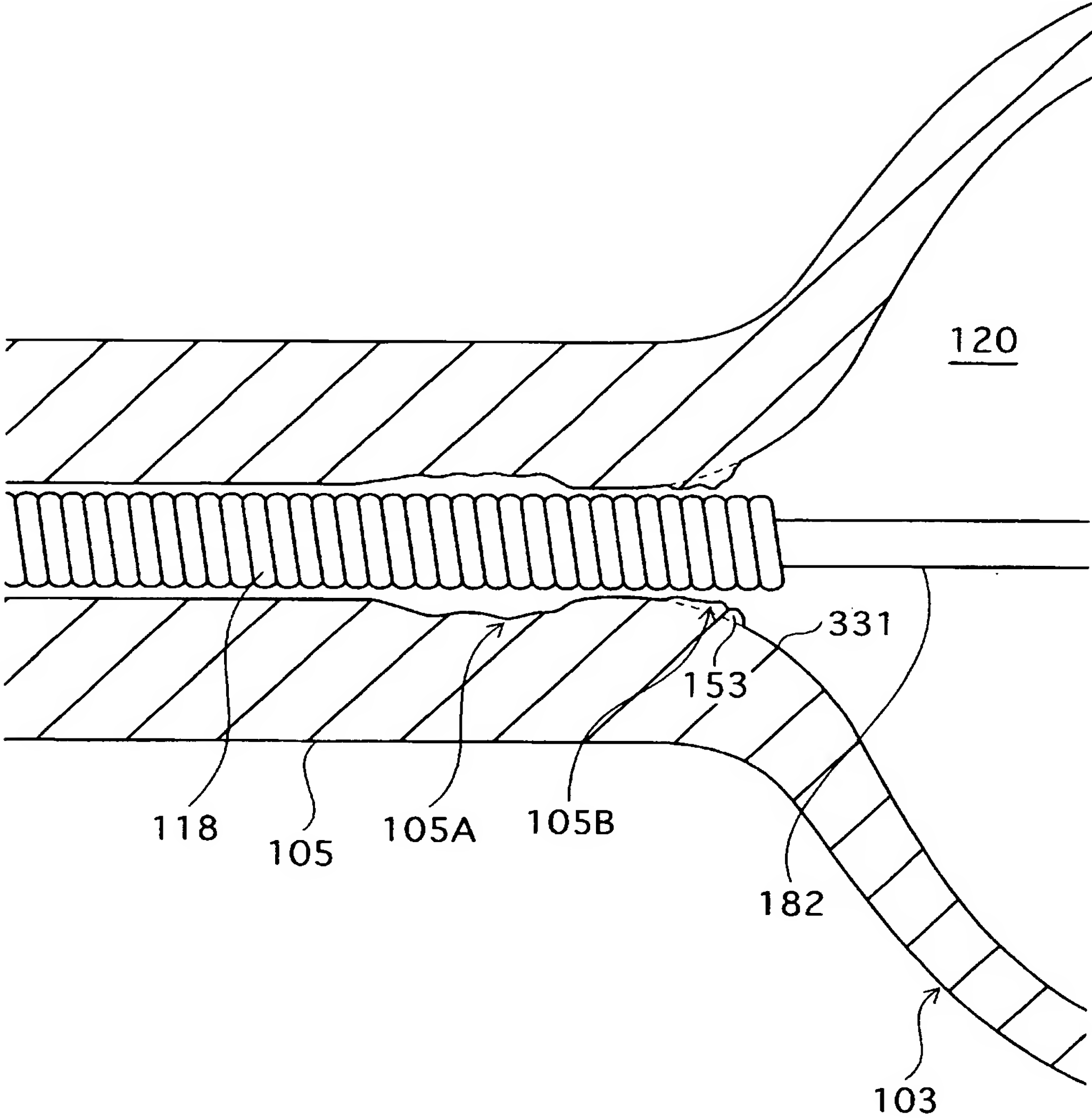
[図22]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

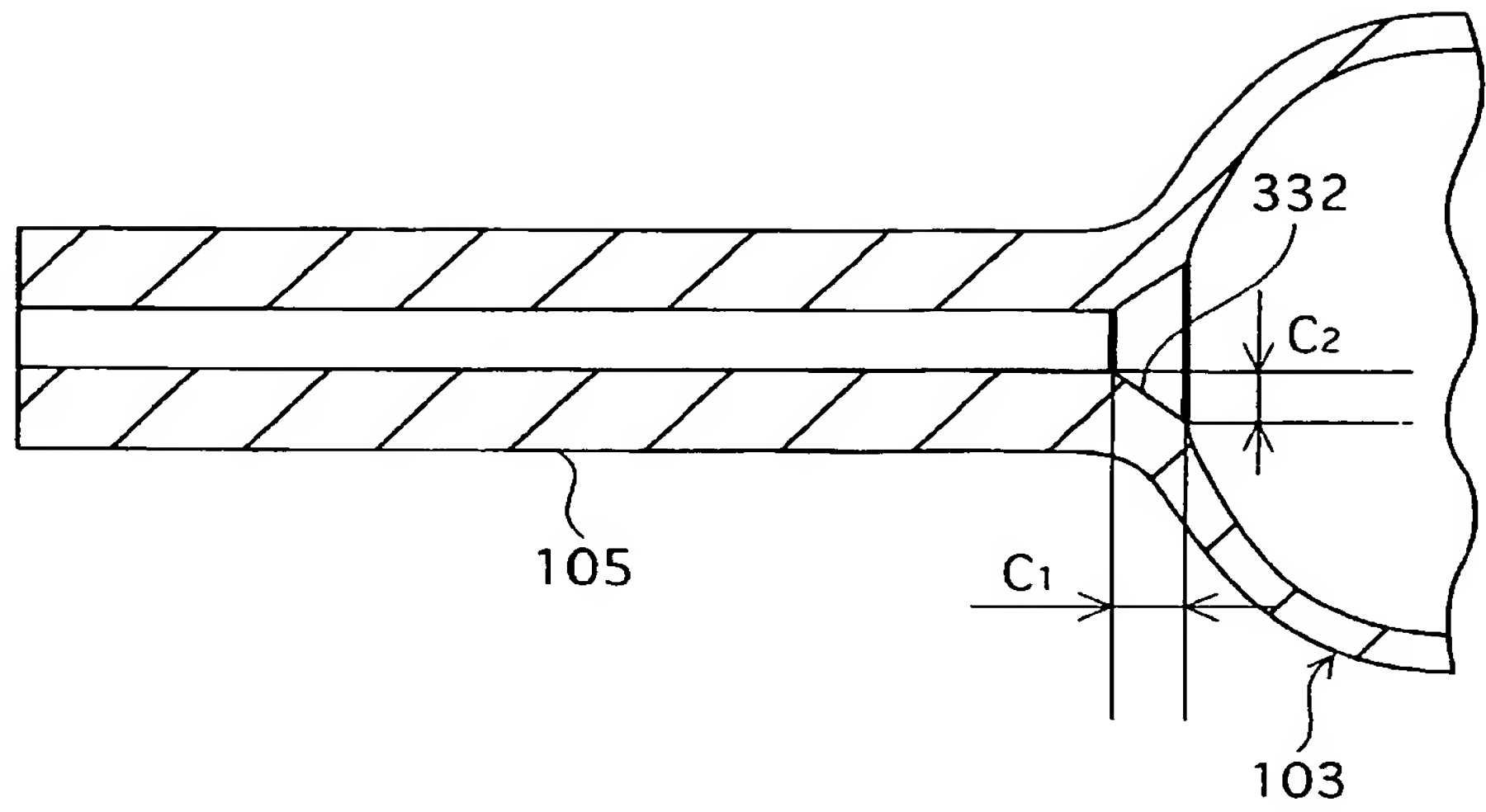


[図23]



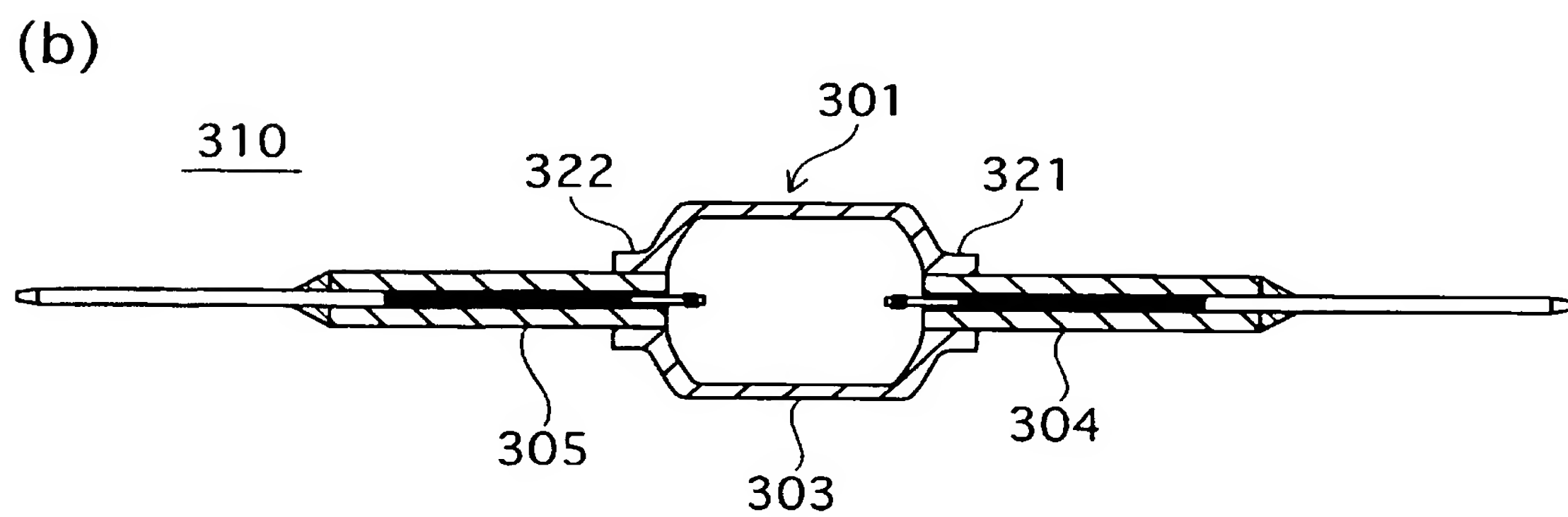
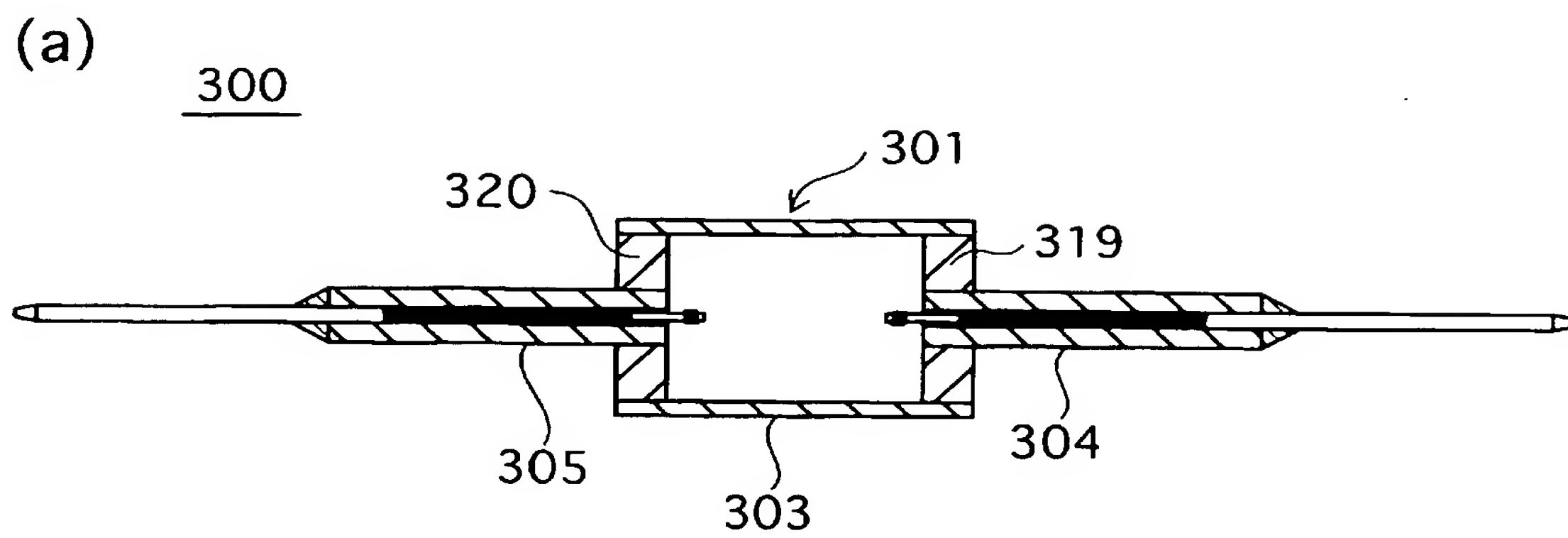
THIS PAGE BLANK (USPTO)

[図24]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

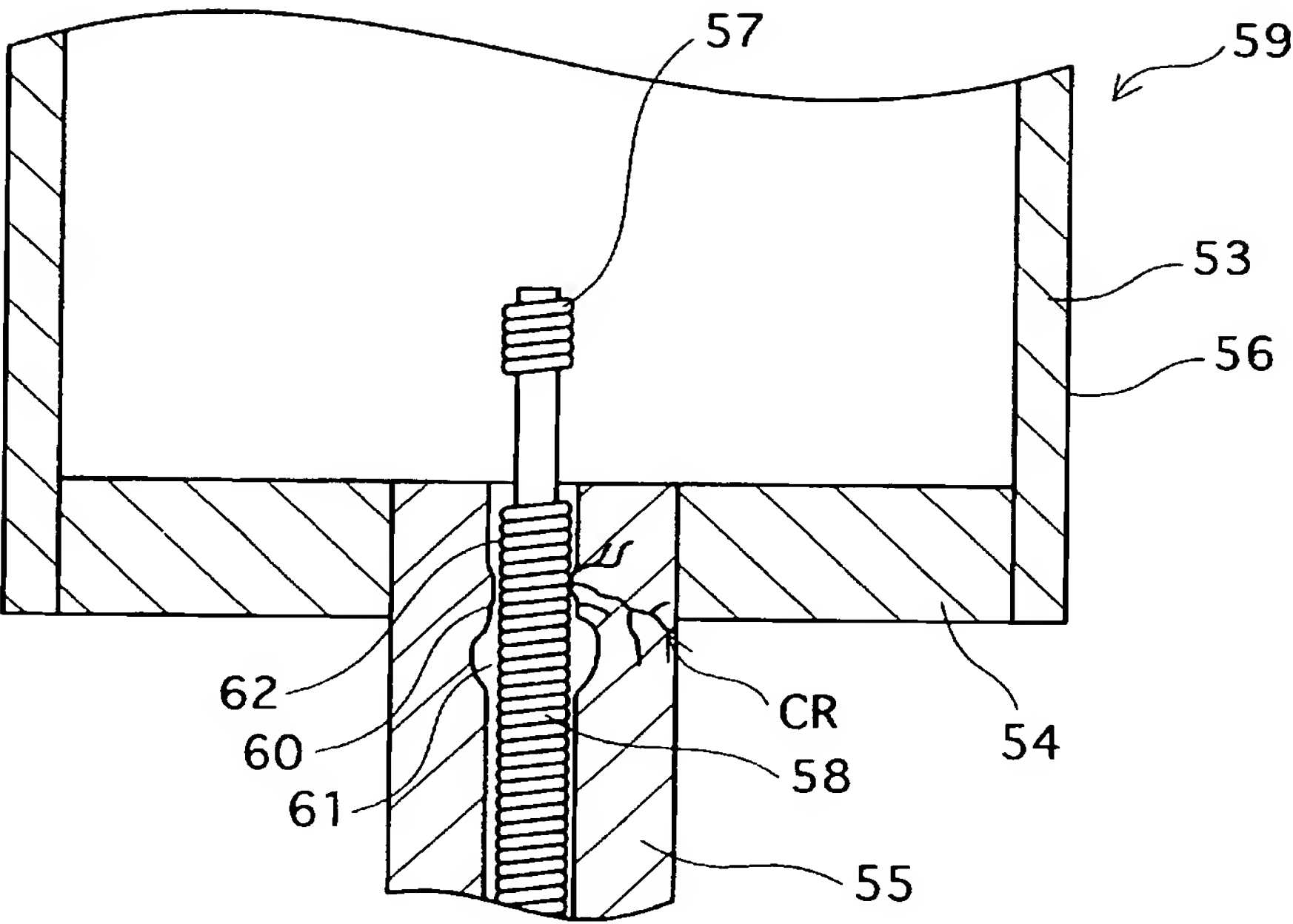
[図25]



THIS PAGE BLANK (USPTO)



[図26]



THIS PAGE BLANK (USPTO)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006250

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.<sup>7</sup> H01J61/88, 61/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.<sup>7</sup> H01J61/88, 61/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2002-141020 A (NGK Insulators, Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Claims 1, 2; Par. Nos. [0001], [0008]; Figs. 1, 2 & EP 1202324 A	1, 5, 11 2-4
Y	JP 2002-141021 A (NGK Insulators, Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Full text; Figs. 3, 4 & EP 1202323 A & US 2002/089286 A1	2, 8
Y	JP 2003-272560 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 September, 2003 (26.09.03), Par. Nos. [0040], [0028], [0034]; all drawings (Family: none)	4, 6-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

29 June, 2005 (29.06.05)

Date of mailing of the international search report

12 July, 2005 (12.07.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006250

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-536786 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 29 October, 2002 (29.10.02), Par. Nos. [0018], [0019]; all drawings & WO 00/45419 A1 & US 6300729 B1 & EP 1068634 A	3, 6-11
Y	JP 2002-164019 A (NGK Insulators, Ltd.), 07 June, 2002 (07.06.02), Claim 1; all drawings & US 6747411 B & EP 1211714 A	7, 8
A	JP 2002-141022 A (NGK Insulators, Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Full text; Figs. 3, 4 (Family: none)	2, 8
A	WO 01/71768 A1 (Japan Storage Battery Co., Ltd.), 27 September, 2001 (27.09.01), Page 6, lines 7 to 10; all drawings & US 6724144 B & JP 2001-569850 A	4
A	JP 2003-7250 A (Toshiba Lighting & Technology Corp.), 10 January, 2003 (10.01.03), Par. Nos. [0052], [0088]; Figs. 3, 5 (Family: none)	4, 6
A	JP 2003-86131 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 March, 2003 (20.03.03), Par. No. [0030]; table 1; all drawings & JP 2003-86130 A & US 6707252 B & EP 1271613 A	6
A	JP 2002-543576 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 17 December, 2002 (17.12.02), Par. No. [0014]; all drawings & WO 00/67294 A1 & US 6404129 B1 & EP 1092231 A	6, 8
A	JP 2003-187744 A (General Electric Co.), 04 July, 2003 (04.07.03), Claims; all drawings & US 6731068 B1 & GB 2387267 A	6
A	JP 2003-217507 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 31 July, 2003 (31.07.03), Claims; all drawings & US 2003/141818 A	6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006250

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

### Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006250

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

"Observations where unity of invention is lacking"

For the following reasons, this international application includes five inventions not fulfilling the requirement of unity of invention.

Main invention

"Claim 1, the portions of claims 3, 5, 11 dependent on claim 1"

Second invention

"The portion of claim 4 dependent on claim 1"

Third invention

"Claim 2, the portions of claims 3-5, 11 dependent on claim 2"

Fourth invention

"Claim 6, the portions of claims 7-11 dependent on claim 6"

Our search has evidenced that a technical feature in claim 1 is not novel, since it is disclosed as the prior art in Document JP 2002-141020 A (NGK Insulators, Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Claims 1, 2; Par. Nos. [0001], [0008]; Figs. 1, 2.

Consequently, the technical feature in claim 1 is not considered to be "a special technical feature" within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

In addition, "special technical features" when main invention, second invention, third invention, fourth invention are compared with the above prior art are respectively different, therefore there exists no technical relationship among main invention, second invention, third invention, fourth invention involving one or more of the same or corresponding special technical features.

For our reference, claims 5, 11 are classified into the same invention category as that of claim 1, since they are mere addition of a well-know technique to claim 1.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01J61/88, 61/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01J61/88, 61/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2002-141020 A (日本碍子株式会社) 2002.05.17, 【請求項1, 2】, 【0001】, 【0008】, 図1, 2 & EP 1202324 A	1, 5, 11 2-4
Y	JP 2002-141021 A (日本碍子株式会社) 2002.05.17, 全文, 図3, 4 & EP 1202323 A & US 2002/089286 A1	2, 8
Y	JP 2003-272560 A (松下電器産業株式会社) 2003.09.26, 【0040】, 【0028】, 【0034】, 全図 (ファミリーなし)	4, 6-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

●「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.06.2005

国際調査報告の発送日

12.07.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 亮

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

2G

3006



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-536786 A (コニクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2002. 10. 29, 【0018】, 【0019】, 全図 & WO 00/45419 A1 & US 6300729 B1 & EP 1068634 A	3, 6-11
Y	JP 2002-164019 A (日本碍子株式会社) 2002. 06. 07, 【請求項1】, 全図 & US 6747411 B & EP 1211714 A	7, 8
A	JP 2002-141022 A (日本碍子株式会社) 2002. 05. 17, 全文, 図3, 4 (ファミリーなし)	2, 8
A	WO 01/71768 A1 (日本電池株式会社) 2001. 09. 27, 第6頁第7-10行目, 全図 & US 6724144 B & JP 2001-569850 A	4
A	JP 2003-7250 A (東芝ライテック株式会社) 2003. 01. 10, 【0052】, 【0088】, 図3, 5 (ファミリーなし)	4, 6
A	JP 2003-86131 A (松下電器産業株式会社) 2003. 03. 20, 【0030】, 【表1】, 全図 & JP 2003-86130 A & US 6707252 B & EP 1271613 A	6
A	JP 2002-543576 A (コニクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2002. 12. 17, 【0014】, 全図 & WO 00/67294 A1 & US 6404129 B1 & EP 1092231 A	6, 8
A	JP 2003-187744 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ) 2003. 07. 04, 【特許請求の範囲】, 全図 & US 6731068 B1 & GB 2387267 A	6
A	JP 2003-217507 A (松下電工株式会社) 2003. 07. 31, 【特許請求の範囲】, 全図 & US 2003/141818 A	6

「第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見」の続き

以下の理由により、この国際出願は発明の単一性の要件を満たさない5つの発明を含む。

主発明

「請求の範囲1、請求の範囲3、5、11のうち請求の範囲1に従属する部分」

第2発明

「請求の範囲4のうち請求の範囲1に従属する部分」

第3発明

「請求の範囲2、請求の範囲3-5、11のうち請求の範囲2に従属する部分」

第4発明

「請求の範囲6、請求の範囲7-11のうち請求の範囲6に従属する部分」

調査を行った結果、請求の範囲1の技術的特徴は、先行技術として、文献JP 2002-141020 A（日本碍子株式会社）2002.05.17，【請求項1，2】，【0001】，【0008】，図1，2に開示されているから新規でないことが明らかとなった。

したがって、請求の範囲1の技術的特徴は、PCT 規則 13.2 の第2文の意味において「特別な技術的特徴」とは認められない。

また、主発明、第2発明、第3発明、第4発明と上記先行技術との比較における「特別な技術的特徴」はそれぞれ異なっているため、主発明、第2発明、第3発明、第4発明の間に一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係が存在するとは認められない。

なお、請求の範囲5，11は、請求の範囲1に周知技術を付加したにすぎないため、請求の範囲1と同じ発明区分とした。

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。  
特別ページを参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。